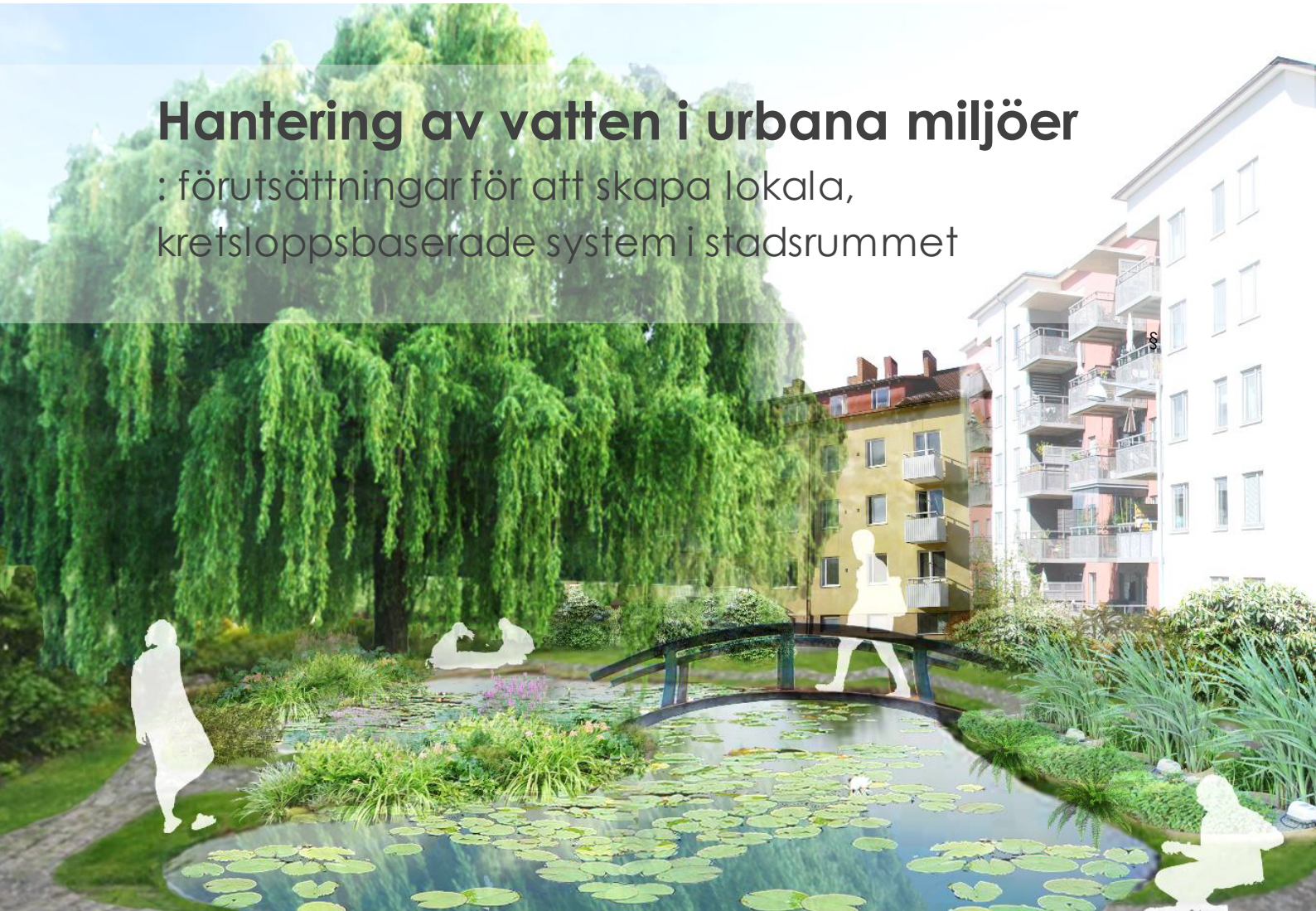


# Hantering av vatten i urbana miljöer

: förutsättningar för att skapa lokala,  
kretsloppsbaseade system i stadsrummet



Skulle framtidens bostadsgårdar kunna hantera både spill- och dagvatten lokalt? Bild: Egen.

Johanna Lindgren

Självständigt arbete • 15 hp  
Landskapsarkitektprogrammet  
Alnarp 2016

# **Hantering av vatten i urbana miljöer: förutsättningar för att skapa lokala, kretsloppsbaseade system i stadsrummet**

Management of water in urban environments: conditions to create local, recycled systems in the city space

Johanna Lindgren

**Handledare:** Mats Gyllin, SLU, Institutionen för arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi

**Examinator:** Eivor Bucht, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

**Kurskod:** EX0649

**Ämne:** Landskapsarkitektur

**Program:** Landskapsarkitektprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2016

**Omslagsbild:** egen

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Hållbar, planering, vatten, spillvatten, dagvatten, avloppsvatten, rening, urban, urban miljö, biologisk mångfald, rekreation, rening, övergödning, kretslopp, lokal, vattenhantering

**SLU, Sveriges lantbruksuniversitet**

**Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap**

**Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning**

## Sammanfattning

Denna studie har haft som utgångspunkt att undersöka vilka förutsättningar som finns för att förverkliga tanken om en hantering av vatten i urbana miljöer med lokala, kretsloppsbaseade system. Det har skrivits mycket inom landskapsarkitekturen om hanteringen av dagvatten i öppna system, och det planeras idag i större utsträckning för sådana. Det som kan anses vara unikt för detta arbete är att alternativ även söks för hanteringen av spillvatten, alltså det vatten som kommer från hushåll och industrier. Mycket inspiration har hittats i de öppna dagvattensystemen, men i och med att spillvatten innebär en annan utmaning i mängd och typ av förorenande ämnen har kunskap och inspiration även sökts bland etablerade reningssystem. Studien är främst baserad på teknisk och vetenskaplig litteratur, men kunskap och rådgivning har även inhämtats hos yrkesverksamma med specialkompetens inom ämnet.

Det finns onekligen ett behov av att hitta nya lösningar på vattenhanteringsfrågan, inte minst i urbana miljöer. Genom studien har det blivit klart att det finns förutsättningar för denna typ av vattenhantering, och vissa grundläggande faktorer har identifierats som styr hur planeringen kan komma att utvecklas framöver. Dels handlar det om politiskt styre och att skapa förutsättningar för ny innovation i den privata sektorn genom reglering och uppmuntran. Dels handlar det om att fortsätta argumentera för och hitta nya vinster i att omprioritera användningen av den begränsade markytan i urbana miljöer. En helomvändning från dagens konventionella reningsverk är nog inte att förvänta sig inom någon snar framtid, och kanske är det heller inte det som är poängen. Poängen är att hitta alternativ som kan möta framtidens utmaningar med klimatförändringar och urbanisering på ett hållbart sätt, och där kommer nog lokala, kretsloppsbaseade system spela en roll.

## Abstract

The goal of this study has been to investigate what conditions there are to realise the idea of taking care of the water in urban environments by using local and recycling system. The subject of taking care of storm water in open systems has been handled frequently within the writing of landscape architecture, and it is quite common to be a part of the urban planning as well. What can be said to be of unique qualities with this thesis, is that it also considers new solutions for the management of wastewater from housing and industries. A lot of inspiration for this has been found in the existing systems for open storm water management. However, since wastewater implicate more and different sorts of pollutants, inspiration has also come from various wastewater management systems in use today. The thesis is mainly based on literature studies of technical and scientific kind. Knowledge has also been gathered from people with knowledge within the field.

There is no denying in the need of finding new solutions for water management, especially in urban environments. Through this study it is clear that there are possibilities for this sort of water management, and this thesis presents some fundamental variables that has been identified to control the future development of this matter. The political and controlling instances will need to create opportunities for innovation among the private investors. This is possible through regulations and encouragement. It is also about continuing the work of finding arguments and identifying new benefits to re-evaluate the use of the limited space in urban environments. There will most likely not be a 180 degree turn from the conventional sewage plants in use today in any near future, and maybe that is not the point. The point is to find solutions that will be able to meet the challenges of tomorrow, including environmental changes and urbanization, in a sustainable way. Local and recycling water management systems will most likely be a part of that.

## Förord

Detta examensarbete avslutar min kandidatutbildning på Landskapsarkitektprogrammet vid SLU Alnarp. Att sammanföra estetiskt tilltalande miljöer med viktiga samhällsfunktioner som en del av hållbar stadsutveckling är ett intresse som endast fördjupats under dessa tre år. Jag hade inför kursen en rad idéer om vad jag ville skriva om, och att det blev just hanteringen av vatten handlade mycket om att jag såg potential i att lära mig mycket om ett högst relevant ämne. Från att ha fokuserat på dagvattenhantering, innefattar arbetet nu även spillvatten. Detta var ett beslut för att hitta en ny infallsvinkel på ett redan väl behandlat ämne.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Mats Gyllin för bra relevant feedback, din lugnande effekt på uppsatsnerver, samt tillgänglighet för handledning via både Skype och telefon när jag varit ute på resande fot. Jag vill även tacka min motläsare Rebecca Yttermalm som tagit dig tiden för att grundligt gå igenom mina texter som ofta bestått av svårförståeligt råmaterial. Dina kommentarer har bidragit till både förbättrat språkbruk och drivit uppsatsen framåt. Tack till Clara Hermansson på Alnarp Cleanwater för att du tog dig tid att svara på mina frågor och varit tillgänglig via mail under arbetets gång. För möjligheten att spendera tre veckor med intensivt skrivande varvat med sol i Spanien vill jag tacka min mamma Ingela Granquist och Bo Carlberg och lånet av lägenheten för. Tack pappa Tommy Lindgren för du alltid finns där som stöd, även om det oftast ter sig retsamt. Sist men inte minst vill jag tacka alla de personer som jag spenderat skrivtid med, ni gjorde det så mycket lättare.

Johanna Lindgren  
2016-05-24

# Innehållsförteckning

1. Inledning .....	1
Bakgrund .....	1
Mål/ Syfte .....	2
Metod och material .....	2
Avgränsningar .....	2
Disposition .....	3
Definitioner av begrepp .....	4
2. Hantering av dagvatten och spillvatten fram till idag .....	5
Kvarstående miljöproblem att hantera .....	6
Föroreningar och övergödning .....	6
Urbanisering: Vattenförbrukning och resurser .....	6
Dagvatten, översvämningar .....	7
3. Behov av samt förutsättningar för ett nytt system .....	7
Att se till resurserna .....	7
Planeringsverktyg .....	8
Krafter som styr utveckling .....	9
Grönytefaktor .....	10
Regleringar och ansvarsfördelning i Sverige .....	10
4. Systemlösningar av särskilt intresse .....	11
Avloppsvatten: konventionella reningssystem .....	11
Spillvatten: enskilda avloppssystem .....	12
Infiltrationsbäddar/ markbäddar .....	12
Bioreningsverk: ACT, Alnarp Cleanwater .....	13
Avloppsvatten: system för dröjning och infiltration .....	15
Våtmarker: Avloppsvatten .....	15
Dammar: Dagvatten .....	16
Fler viktiga komponenter .....	17
Genomsläpplig markbeläggning .....	17
Vegetation .....	17
5. Att ta det ett steg längre .....	19
Kretsloppstänket .....	19
Vatten .....	19
Näringsämnen .....	20
Faktorer att räkna in .....	20

6.	Kombinerade system för avloppshantering .....	21
	Exempelplats: Malmö.....	22
7.	Diskussion och slutsats .....	24
	Positiva bieffekter .....	24
	Brister.....	24
	Slutdiskussion .....	24
	Slutsats.....	26
8.	Referenser.....	28

# 1. Inledning

## Bakgrund

Hanteringen av vatten är en ständigt aktuell fråga vid planering och utveckling av dagens urbana miljöer. Detta avser både hanteringen av spillvatten från hushåll och industrier samt dagvatten som exempelvis nederbörd. En gemensam benämning för dessa är avloppsvatten. Det dagliga utsläppet från hushåll och industrier bidrar till förorening av vattendrag och hav, vilket leder till långsiktiga miljöproblem (Johansson et al. 2002). Samtidigt finns det en ökad problematik med översvämningar i städer till följd av mer frekvent förekommande extremregn (Svenskt Vatten 2014) samt att de hårdgjorda ytorna minskat markens kapacitet att ta hand om regn- och smältvattnet (Watson & Adams 2011). Detta gäller inte minst översvämningen i Malmö sommaren 2014. Dessa problem grundar sig i att dagens vattenhanteringssystem inte klarar av den ökade belastning av både spill- och dagvatten som en ökad urbanisering och klimatförändringar bidrar till (VA SYD 2014).

Under största delen av 1900-talet har slutna vattenhanteringssystem för avloppsvatten varit vanligast med milslånga rördragningar under mark som resultat. Idag finns en blandning av rör som tar emot både dag- och spillvatten, medan andra skiljer vattnet åt (VA SYD 2014). Under de senaste åren har planerarna fått upp ögonen för en annan hantering av dagvatten, så kallad öppen dagvattenhantering. Det har upptäckts att de öppna systemen kan bli en resurs i staden, både som ett estetisk och pedagogiskt inslag. Detta har bidragit till att mer dagvatten kan hanteras lokalt genom fördröjning och infiltration (Stahre 2008).

Vi använder mellan 170 och 200 liter vatten per person och dygn i Sverige, där bad-, disk- och tvättvatten utgör den större delen av det så kallade spillvattnet (Johansson et al. 2002). Idag går det vattnet i de flesta fall igenom en reningsprocess där den största delen av föroreningarna försvinner innan vattnet når recipienten (VA SYD 2014). Spillvatten från hushåll och industrier som är kopplade till kommunalt avloppssystem renas uteslutande i konventionella reningsverk (Svenskt vatten 2014). Detta vatten forslas ut från tätorter till reningsverk genom rördragningar i marken (VA SYD 2014). Det är endast fastigheter som inte är kopplade till kommunalt avloppssystem som idag använder sig av olika lokala lösningar, så kallade reningsverk för enskilda hushåll. I dessa system är det många gånger istället stora problem med utsläpp av föroreningar och näringsämnen då många system inte håller tillräcklig hög standard (Johansson et al. 2002).

Det vore intressant om spillvatten liksom dagvatten hade kunnat renas i mer öppna, lokala system. En tanke är att vissa av systemen för öppen hantering av dagvatten skulle kunna implementeras på spillvattenhanteringen, samt att systemen med fördel skulle kunna hantera allt avloppsvatten tillsammans. Här kommer även tanken med lokala kretslopp in, där begreppet i denna uppsats innefattar ett system där vatten från hushåll, och dagvatten från nederbörd kan renas för att sedan recirkuleras till bostäder för exempelvis spolning av toaletter. Mycket av dagens planering går dock per automatik och förlitas på redan beprövade lösningar och system (Watson & Adams 2012). Om viljan finns, finns alla möjligheter att förverkliga alternativa, klimatanpassade lösningar.

*Extreme weather events, flooding, drought, and environmental stresses impose new demands on design of buildings and communities and our natural land and water resources.*

- Watson, Donald & Adams, Michele. 2011: XVI.



Denna uppsats grundar sig i tanken att ett system uppdelat i flera mindre delar är mer motståndskraftigt, både mot en plötslig och mer långsiktig belastningsökning, än ett stort system. Fler mindre system skulle innebära lokal rening och hantering, samt möjligheter att återföra använt vatten i ett hållbart kretslopp för ytterligare bruk. Dagens avloppssystem och reningsverk har en hög belastning då vattnet som inte passar i stadens hårdgjorda miljöer behöver forslas bort och renas. Belastningen blir emellanåt så stor att systemen brister med översvämningar som följd (VA SYD 2014). En anledning till att det känns aktuellt att hitta en alternativ lösning är att tendenser pekar på en fortsatt ökad urbanisering (Smith 2006), vilket i längden bidrar till en ökad förtätning och utbredning av staden. Detta tillsammans med prognoser om ökade extremväder med kraftiga skyfall (Watson & Adams 2011) pekar mot en ytterligare ökad belastning på de befintliga avloppssystemen.

## Mål/ Syfte

Målet med denna studie är, genom att hämta inspiration från väl fungerande exempel av öppen lokal hantering av dagvatten samt små enskilda reningsverk i bruk idag, att undersöka om det är möjligt med en gemensam, alternativ hantering av allt avloppsvatten. Syftet med uppsatsen är att den skall undersöka om sådana system är en möjlighet, hitta argument för att de skulle ha positiva effekter även ur andra aspekter, samt kunna fungera som underlag för fortsatt uppföljning.

Till följd av ovanstående tankar och idéer har följande problemställning formulerats:

- Hantering av vatten i urbana miljöer: vilka är förutsättningarna för att skapa lokala, kretsloppsbaseade system i stadsrummet?

En ambition med studien har varit att även besvara följande delfrågor:

- Finns alternativa lösningar för spillvatten som efterliknar öppen dagvattenhantering?
- Finns det möjlighet för systemlösningar som hanterar allt avloppsvatten gemensamt?
- Är det rimligt att lösa hanteringen av allt avloppsvatten lokalt?

## Metod och material

Uppsatsen är en litteraturstudie av både teknisk och vetenskaplig litteratur. Den tekniska litteraturen har gett svar på hur de olika systemen fungerar, och den vetenskapliga har gett en mer övergripande bild av vilka krafter och tendenser som styr utvecklingen i samhället. Hjälp att hitta relevanta källor har gjorts genom inläsning av diverse kandidat- och masterarbeten från de senaste fem åren där referenslistorna varit till stor hjälp.

För större tyngd i slutargumenten har ytterligare åsikter sökts från någon som jobbar med avloppsvatten. Detta resulterade i en öppen intervju med Clara Hermansson, miljövetare och anställd på Alnarp Cleanwater.

Under arbetets gång har förståelsen för olika systems funktion, samt vattnets kretslopp och naturens inverkan ökat. Som en del i processen att få fram hur ett kretsloppsbaseat lokalt system skulle kunna se ut har jag skissat på olika tankar och lösningar. Dessa är infogade i uppsatsen som ett komplement till skrivna ord.

## Avgränsningar

Det finns otaliga system för hantering av dagvatten och spillvatten. I uppsatsen har system som verkar vara av extra intresse presenterats. Urval har gjorts utifrån reningskapacitet, flexibilitet i platskrav och om det verkar ha potential att bidra till och fungera i ett estetiskt tilltalande sammanhang. För att få en förståelse för vilka möjligheter som finns i dessa system

gå de igenom på ett mer övergripligt plan, då det varken funnits tid eller utrymme för att fördjupa sig i alla. Detta för att sedan kunna göra en utvärdering om det är möjligt med ett lokalt hanteringssystem av vatten i urbana miljöer.

Förutom ökad urbanisering och mer frekvent förekommande extremregn finns det fler aspekter att räkna in vid planeringen av framtidens avloppssystem. I denna uppsats har till exempel inte stigande havsnivåer räknats in då det blivit ytterligare ett område att läsa in sig på samt diskutera kring, vilket tid och omfattning av uppsatsen inte gett utrymme till.

## Disposition

Uppsatsen inleds med en genomgång över utvecklingen av hanteringen av avloppsvatten fram till idag, följt av de miljöproblem som fortfarande behöver hanteras för att ge en grundförståelse för vad som hänt och vad som finns kvar att göra. I kapitel 3 presenteras system för både rening av spillvatten och dagvatten, med en utvärdering av varje system där det diskuteras hur detta system skulle kunna vara lämpligt att använda i en lokal hantering av avloppsvatten. Kapitlet är indelat i *Konventionella reningssystem*, *Enskilda avloppssystem* och *System för dröjning av dagvatten*. Viktiga komponenter i samma kapitel tar upp delar som inte är ett system i sig men som har potential att göra andra system mer effektiva eller bara bidra med mervärde.

I kap 3 *Behov av samt förutsättningar för ett nytt system* ges en större förståelse för varför vi behöver planera på ett nytt sätt, samt de drivkrafter som för utvecklingen framåt.

Ansvarsfördelning i Sverige är viktig att belysa för att skapa en förståelse kring möjligheterna att arbeta med vattenhanteringsfrågan. I den avslutande uppsatsdelen kommer detta ha en inverkan på argumentationen kring frågan om ett lokalt omhändertagande av vatten är möjligt och bör forskas vidare kring. I och med att hanteringen av dagvatten i så hög utsträckning måste och kan regleras genom kommunal planering är det även där idéerna om ett nytt sätt att tänka behöver finnas. I kap 6 presenteras skisser över hur det hypotetiska systemet skulle kunna se ut och fungera.

Innan den avslutande diskussionsdelen påbörjas har en exempelkommun använts för att kunna räkna på faktiska siffror över vattenanvändning och reningskapacitet. Detta för att förankra teorin om en lokal hantering är möjlig. Malmö har här valts som exempel då kommunen har genomfört projekt som kan ses vara goda exempel på hur hållbar planering kan implementeras i staden.

## Definitioner av begrepp

*Aeroba* processer har fri tillgång till syre. I uppsatsen syftar detta till när vattnet är syresatt så att organismer kan vara en del i processen att rena avloppsvatten.

*Anaerob* förhållanden är istället syrefattiga. Vissa bakterier och andra organismer behöver syrefattiga eller helt syrefria miljöer för att växa. Anaerob är således motsatsen till aerob.

*Avloppsvatten* används i uppsatsen som ett samlingsbegrepp för både dag- och spillvatten.

*Blågrön struktur* innefattar vatten och växtlig som en del i stadsbilden. Det kan sägas vara ett planeringsverktyg och i studien anses ökad blågrön struktur i urbana miljöer kunna ha en positiv inverkan på hanteringen av avloppsvatten.

*Dagvatten* består av smältvatten och nederbörd.

*Enskilt avlopp* har hushåll som inte är kopplade till kommunalt avlopp. Då löses hantering och rening av spillvatten på plats, med andra ord lokalt. Detta görs exempelvis via små reningsverk för just enskilt avlopp eller infiltrationsbäddar.

*Evapotranspiration* är ett begrepp som både innefattar evaporation, avdunstning, från mark, vattenytor och fritt vatten på växtlighet, samt transpiration som sker då vatten passerar från mark till atmosfären genom växter.

*Lokalt* används i uppsatsen i koppling till omhändertagande av avloppsvatten. Med "lokalt" avses en geografisk omfattning som kan innefatta en fastighetsgräns, ett bostadsområde, eller en stadsdel. Huvudsyftet i uppsatsen är att vattenhanteringen ska lösas i så nära anslutning till källan som möjligt, utifrån förutsättningar som mark och platsmöjligheter.

*Personekvivalent* förkortas pe, och är ett mått på den genomsnittliga föroreningsbelastningen från hushåll. En pe motsvarar utsläpp från en person.

*Recipient* är mottagare av avloppsvatten, exempelvis hav, vattendrag och sjöar

*Spillvatten* kommer från våra hushåll och industrier, och består framför allt av bad-, disk- och tvättvatten och klosettwater (toalett).

*Systemlösning* syftar i uppsatsen på en lösning där fler system som fungerar självständigt kopplas samman till ett större system för att dra nytta av de olika fördelarna.

*Öppen dagvattenhantering* är ett relativt nytt sätt att hantera dagvatten på i städer. Detta görs genom att anlägga öppna system som kan fördröja vattnet samt låta det infiltreras i så hög grad som möjligt.

## 2. Hantering av dagvatten och spillvatten fram till idag

Så länge människan varit bosättare har dess livsmiljö formats av samtida förhållanden som sociala, ekonomiska och ekologiska, samt klimatet. Ett av de styrande elementen och anledningarna för människans bosättningar och flyttar har varit vatten: brist på eller för mycket av det (Watson & Adams 2011). Under den senaste delen av människans existens har nya problem med koppling till vatten dykt upp, och lösningarna på dessa har påverkat städernas och boendemiljöers utformning.

I Sverige började avloppsvatten från hushåll bidra till föroreningsproblem, där övergödning av vattendrag och sjöar samt synliga föroreningar var några av de stora. Som svar på detta började de första kommunala reningsverken byggas under 1950-talet, och fortsatte under kommande årtionden att byggas ut (Nationalencyklopedin 2016c). Traditionellt har avloppsvatten setts som en restprodukt som snabbt skall samlas upp och göras av med. Klosettwater, BDT-water (bad-, disk- och tvättwater) och dagwater fördes i gemensamma system för att behandlas i samma reningsprocess (Johansson, et al. 2002).

Med tiden har de kommunala reningsverken blivit allt mer effektiva och även fokuserat på recipientskydd samt att recirkulera fosfor (Johansson et al. 2002). För att ta reningsverket Sjölanda utanför Malmö som exempel, har en stor förbättring skett från byggnationen i början av 60-talet fram till idag: under 70-talet kan energin i all biogas utvinnas, under 80-talet börjar slammet återföras till jordbruket, under 90-talet börjar verket producera el. Under alla år förbättrades och infördes ny teknik för en mer effektiv avskiljning av kväve, fosfor och närsalter (VA Syd 2014).

Vattenförbrukningen vid bad, disk och tvätt halverades mellan 1980 och 2000. Nya toaletter förbrukar inte ens hälften så mycket water som de gamla. Samtidigt hade Sverige 2002 nära en miljon enskilda avlopp som tillsammans släppte ut lika mycket förorenande ämnen som de konventionella reningsverken tillsammans (Johansson et al. 2002).

Även hanteringen av dagwater har sett en utveckling från 70-talet och framåt. I Malmö som ett exempel, löstes problemet genom att vattnet forslades ut i recipienten så fort som möjligt. Under årtionden som följde kom insikten att vattnet behövde renas från föroreningar, och därmed infördes ett reningssteg i processen. Under 90-talet tillkom ytterligare en dimension i hanteringen av dagwater – det skulle vara hållbart, och började nu ses som en resurs även utifrån sociala aspekter. Processen att ändra tankesättet från ett bortforslande till att utnyttja dess kapacitet är någon som pågår i städer och länder i olika hastigheter än idag (Stahre 2008).

Ända sedan 50-talet har det pratats om ett nytt sätt att planera. Begrepp som "bioclimatic design", "environmental design", "gentle architecture" och "sustainable design" myntades under de årtionden som följde. Alla var de ett uttryck för en ansvarskänsla som började byggas upp inom den globala arkitekturen. Frågor inom hållbar arkitektur har lyfts i internationella råd och fokusgrupper, varav vattenfrågan har börjat få en allt större roll. I takt med det har blågrön design fått ett större anseende i hanteringen av klimatförändringar (Watson & Adams 2011). Detta har föranlett till att politiker och kommunala tjänstemän fått en större förståelse för vikten av ett mer hållbart system, som bland annat inkluderar ett fungerande kretslopp av fosfor och andra näringsämnen. Detta kan ses genom ett flertal initiativ till nationella fokusgrupper och kommunala strategier för hållbar vattenhantering. För enskilda avlopp kom runt 2000 nya målsättningar för utsläpp, smittskydd samt kretslopp av närsalter (Johansson et al. 2002).

## Kvarstående miljöproblem att hantera

Det finns idag analyser och prognoser som visar på en tydlig trend med urbanisering runt om i världen (Smith 2006). Det är troligt att utvecklingen av världens städer påverkar biodiversitet och ekosystem negativt. Detta genom den fysiska utbredningen av bebyggd miljö som omvandlar naturlig flora och fauna till ofta hårdgjorda ytor, samt en mer indirekt påverkan i och med människans beteendemönster i dessa urbana miljöer (Güneralp et al. 2013).

## Föroreningar och övergödning

Allt som sker i samhället påverkar det vatten som finns i naturen, avseende bland annat den ökade användningen av kemikalier och markanvändningen för transport, bebyggelse och matproduktion. Hälften av Sveriges sjöar möter inte kraven för vad som anses vara "god vattenkvalitet", och många av dessa sjöar fungerar idag som vattentäkter. Ett av problemen är en ökad mängd organiskt material på ytan av dessa (Svenskt Vatten 2014). Vidare förekommer rester av bekämpningsmedel i grund- och ytvatten som kommunerna tar sitt dricksvatten ifrån (Havs och Vattenmyndigheten 2016).

Av den mängd fosfor och kväve som haven tar emot årligen från mänsklig påverkan kommer 36 procent av kväveutsläppet och 52 procent av fosforutsläppet från enskilda avlopp, reningsverk och industrier (Jordbruksverket 2016). Utöver dessa föroreningar bidrar människan även till utsläpp av miljögifter i form av läkemedel, lösningsmedel, färg och klorerade ämnen, mycket på grund av okunskap (Johansson et al. 2002).

Utsläpp av fosfor och kväve bidrar till en ökad algbloomning vilket på sikt leder till syrebrist i vattnet. I urin finns 80% av kvävet och 50% av den fosfor som släpps ut från svenska hushåll. Fosfor förekommer även i fosfathaltiga tvätt- och rengöringsmedel. Syreförbrukande ämnen som följer med ut i vattendrag, sjöar och hav leder till syrebrist och det långsiktiga resultatet är döda bottnar och fiskdöd. Dessa ämnen förekommer i tensider i tvättmedel samt avföring, och genom den mat vi äter får vi i oss tungmetaller som följer med i avloppsvattnet. Människans avföring är även den största spridningskällan av patogena ämnen som bakterier, virus och parasiter (Johansson et al. 2002).

## Urbanisering: Vattenförbrukning och resurser

Vatten är en livsnödvändig resurs för allt levande (Svenskt Vatten 2014) och idag används mer vatten i vardagen än vad som skulle vara nödvändig. Detta kan anses vara ett slöseri med resurser, där exempelvis spolning av konventionella toaletter förbrukar ungefär 30-35% av den totala vattenförbrukningen i ett hushåll. Förutom att den stora vattenförbrukningen innebär energiförlust och är speciellt ohållbar i områden med vattenbrist så blir mängden vatten förorenad med de ämnen som följer urin och avföring större procentuellt (Johansson et al. 2002).

Även mark är en viktig resurs som i naturligt tillstånd bidrar till en rad viktiga, samhällsnyttiga processer. Mark används och förändras av människan efter behov vilket skapar förutsättningar för matproduktion och miljöer att bo och leva i. Det finns samtidigt negativa aspekter av detta då förändrad markanvändning är den ensamt största orsaken till minskad biodiversitet (Watson & Adams 2011).

## Dagvatten, översvämningar

Översvämning är i sig själv inget negativt, i naturen är det oftast en del av den hydrologiska cykeln. Översvämningar blir ett problem genom människans inverkan där naturlig mark förändras till jordbruk, gräsmattor och ogenomträngliga material. Det är sättet som städer byggts på som bidrar till en ökad översvämningsrisk, inte för att nederbörden ökar utan för att mängden avrinning gör det. Förlusten av vegetation och förändringar i jorden likställer stora förändringar i vattenbalansen, och därmed även översvämningsrisken (Watson & Adams 2011).



Bild 2: Två bussar fast i vattenmassorna under översvämningen i Malmö 2014. Photo credit: EEA via flickr

I slutet av augusti 2014 nedkom så pass mycket regn i Malmö att avloppssystemet blev mättat. Förutom översvämningar som hindrade infrastruktur blev så mycket som 20 procent av Malmös fastigheter skadade. Av dessa skador var 90-95 procent orsakade av vatten som steg ur golvbrunnar och toaletter (SVT Skåne 2014). Hanteringen av dagvatten är idag inte tillräcklig för att kunna hantera de allt mer extrema väder vi kan förvänta oss framöver (Watson & Adams 2011). Klimatförändringarna innebär ett behov av att ta fram nya och anpassa gamla system för att klara av de nya utmaningar och krav som ställs (Svenskt Vatten 2014).

### 3. Behov av samt förutsättningar för ett nytt system

#### Att se till resurserna

Sverige är ett föregångsland i hanteringen av avloppsvatten på flera sätt, men det finns både behov och potential att förbättra befintliga system. Som ett exempel har Sverige de senaste tio åren varit ledande i framställningen av biogas i reningsprocessen av spillvatten, som sedan kunnat användas för att delvis ersätta fossila bränslen. Samtidigt behöver Sverige bli bättre på att reducera mängden kväve, patogena ämnen och läkemedel i spillvatten som når recipienter. Kretsloppstänket där viktiga näringsämnen förs tillbaka till växtodling och matproduktion behöver bli bättre (Svenskt Vatten 2014).

Fosfor och kväve förekommer framför allt i det urin och avföring som följer med i avloppsvattnet. En systemlösning där dessa restprodukter kan samlas upp för att ta tillvara på näringsämnena skulle därför vara av extra intresse. I våtmarker, diken och dammsystem kan kväve i form av ammoniak omvandlas till nitrat vilket gör att det inte fortsätter ut i recipienten, vilket är bra för att minska övergödningen i vattendrag och hav, men det verkar problematiskt att samla upp för att återanvända (Johansson et al. 2002).

En av de viktigaste aspekterna i planeringen av nya, kretsloppsbaseade vattenhanteringssystem är biodiversitet. Biodiversitet är ett sätt att mäta variationen i livsformer, antingen inom en viss biotop eller i hela biosfären. Hög biodiversitet innebär ett komplext ekosystem med god biologisk kontroll där ett högt artantal håller populationer av exempelvis smittspridare låga genom konkurrens. Hög biodiversitet är önskvärd även i städer då det kan bidra till positiva hälsoaspekter (Watson & Adams 2011).

### Planeringsverktyg

Det planeras idag in öppna system för hantering av dagvatten vilket bidrar till att avrinningen av regn- och smältvatten fördröjs. Detta minskar belastningen på systemen längre ned i flödet. Det skulle vara positivt att även kunna fördröja spillvatten genom att använda sig av öppna och lokala system. I gemensamma avloppslösningar ökar risken att smittämnen följer med ut i recipienten ju snabbare avloppsvatten når det (Johansson et al. 2002). Fördröjning och infiltration av vatten skulle kunna uppnås genom mer blågrön struktur i urbana miljöer, som tar hänsyn till vattnets naturliga kretslopp och använder jord och vegetation för att uppnå dessa effekter (Watson & Adams 2011). När vattnet synlig- och tillgängliggörs för människor blir det även en integrerad del i staden. Detta skulle mest troligt innebära mer komplicerade system, och planeringen blir oundvikligen mer invecklad då fler professioner är inblandade. Ett gott samarbete är avgörande för att nya projekt ska kunna förverkligas (Stahre 2008).

Ett länge dominerande tankesätt har dock haft fokus på att föreskriva tekniskt specifika lösningar snarare än ändamålet att rena på ett så bra sätt som möjligt. Detta trots de allmänna råden från Naturvårdsverket (NFS 2006:7) som menar att avloppssystem för enskilda fastigheter ska anpassas till lokala förutsättningar (Johansson et al. 2002). De tydliga föreskrifterna bidrar till att systemet blir ytterst fyrkantigt, snarare än att fokusera på att hitta den mest lämpade lösningen (Johansson et al. 2002).

I förorden till *Design for Flooding* skriver Carol Franklin (Watson & Adams 2011) att "many small projects are always better than one big, concentrated solution" (Watson & Adams 2011:ix). Fördelen med små system är att mängden vatten är lättare att begränsa samt att tillförseln av miljöskadliga ämnen är mer kontrollerad. Fler små systemlösningar kan dock slås ihop till ett större system, där fördelen är att det ger ett annat ekonomiskt utrymme för projektering och upphandling. Det blir även mer lätthanterligt gällande organisering av skötsel och underhåll. Det finns en viss skillnad mellan att bygga om ett befintligt område som redan är kopplat till kommunal avloppshantering, och att planera ett nytt bostadsområde där det i detaljplanen kan föreskrivas om vilket system som ska användas. Vid nybyggnation finns ett större utrymme för planering, upphandling och installation av alternativa system (Johansson et al. 2002), och en unik möjlighet för att planera in unika, tekniska lösningar (Stahre 2008).

En avgörande faktor för att nya system skulle kunna ersätta befintliga, konventionella reningsverk är mängden förbrukad och tillkommen vattenmängd i förhållande till alternativa systems kapacitet. En person motsvarar utsläpp av en personekvivalent, pe, och ett hushåll sägs schablonmässigt motsvara fem pe. Ett hushåll om 5 pe beräknas i ett relativt modernt

hushåll förbruka 700-800 liter spillvatten per dygn, där bad-, disk- och tvättvatten samt klosettwater ingår (Avloppsguiden 2016). Det är stora mängder som behöver tas om hand.

## Krafter som styr utveckling

Idag lever majoriteten av världens befolkning i städer och den ojämna fördelningen ser ut att öka under kommande decennier (Smith 2006). Urbana tillväxtpunkter är idag en stor bidragande faktor till utsläpp som på längre sikt påverkar klimatet. Det är samtidigt dessa urbana tillväxtpunkter som är mest utsatta för följderna av en klimatiförändring i form av temperaturhöjning och osäkra väderförhållanden (While & Whitehead 2013). Klimatet har alltid påverkat städernas utformning och utveckling (Watson & Adams 2011) genom ett behov av att försöka anpassa sig till förändrade förutsättningar och klimatiförhållanden. Detta beror på och är möjligt tack vare att det många gånger finns ekonomiska vinster att göra på att utveckla nya, hållbara system (Smith 2006).

Där det finns en ekonomisk drivkraft och en politik som uppmuntrar miljövänligt entreprenörskap så finns det även möjlighet till att göra effektiva lösningar. Detta ämne behandlas i *In the Nature of Cities – Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism* (Smith 2006), en antologi med texter om politikens inverkan på världsutvecklingen. I förorden skriver Neil Smith följande:

Capitalism can be quite nature-friendly in its own interests and on its own terms – witness the multi-billion dollar 'natural foods' or recycling industries. We are all environmentalists now – who is not for 'sustainability'? – and we will underestimate the adaptability of capitalism at our peril.

- Smith, Neil, 2006:xiii.

För att göra förändringar i samhället kan således styrkan i kapitalismens drivkraft nyttjas när rent ideologiska argument och forskningsresultat inte är tillräckligt. Det finns en idag outnyttjad potential inom industrin för hantering av dag- och spillvatten där innovation skulle kunna skapa nya arbetstillfällen och bidra till svensk export (Svenskt Vatten 2014). De flesta förändringar börjar i tanken hos framåtsträvare, men genomförs rent praktiskt först när den allmänna uppfattningen är så pass positiv att företag ser potential i att lansera innovativa lösningar och projekt.

Kraven på avloppssystem ändras med ökad kunskap och ändrade värderingar. Därför krävs planeringsverktyg och organisatoriska förutsättningar i samhället som klarar av förändringar i kraven på våra avloppssystem. Verktygen måste samtidigt kunna skapa drivkrafter som styr alla inblandade aktörer mot långsiktiga mål, som skyddet av sjöar och hav samt uthålliga kretslopp.

- Johansson et al. 2002:21.

Politisk ekologi är ett begrepp som kan användas i debatten kring framställning och skapande av natur (Smith 2006). I Paul Robbins *Political Ecology: A Critical Introduction* (2011) beskrivs uttrycket på följande vis: "political ecology, a field that seeks to unravel the political forces at work in environmental access, management, and transformation" (Robbins 2011:3). Ett stort ansvar för att skapa förutsättningar för förändrande drivkrafter ligger hos politikerna. Bra utformade krav och policies är en god början, men det krävs mer för att realisera nya visioner. Genom föreskrifter i kommunens detaljplaner görs frågan till ett politiskt, bindande dokument (Johansson et al. 2002).

Ett projekt som stärker idén om att dessa krafter har en stor inverkan på ett nytt sätt att planera och tänka är Akademiska Hus Albano i Stockholm, ett nytt campusområde på gammal industrimark som ska omvandlas till världens första "nationalstadspark". De kallar



projektet just för ett "uniket fullskaleprojekt där forskning inom hållbar stadsutveckling integreras i byggplanerna" (Akademiska Hus 2016).

Det finns en samlad vision för Sveriges vattenhantering som sammanfattats i programmet *A Vision for Water* (Svenskt Vatten 2014). Dokumentet är tänkt att fungera som en deklaration över vilken riktning vattensektorn bör ta framöver, och målet är att främja samarbete mellan de olika organisationer, forskningsinstitut, universitet, industrier och kommunala sektorer som är inblandade i hanteringen av vatten i Sverige. Ett ledord i programmet är "sustainable water systems" (Svenskt Vatten 2014). Programmet är tänkt att bidra till att följande målbilder och framtidsvisioner realiseras:

- "There are climate-adapted water systems in cities designed to utilise rainfall as a resource, and treatment of storm water is achieved with as little environmental impact as possible."
- "The value of water in society is made visible for citizens and politicians. This has led to raised awareness and improved resource efficiency and environmental awareness."

I Sverige finns alltså en klart uttalad vision om ett klimatanpassat vattensystem, och genom att lyfta fram vikten av vattenfrågan ska mer resurser läggas på det och öka miljömedvetenheten generellt (Svenskt Vatten 2014). Att ha små lokala system där vattenhanteringen synliggörs och där vattnet går i ett kretslopp skulle vara positivt i hänseende till visionen att skapa medvetenhet kring frågan. För att vi ska se en mer hållbar användning av vatten som resurs är människans beteendemönster en nyckelfaktor (Johansson et al. 2002).

## Grönytefaktor

I utställningsprojektet Bo01 i Malmö som färdigställdes 2001 introducerades begreppet "Grönytefaktor" för att få investerarna att kompensera för den hårdgjorda ytan genom att planera in grönstruktur inom sina fastighetsgränser. Det är ett poängsystem där inslag som gröna tak, växtväggar, genomsläppliga markmaterial och anläggande av dammar, våtmarker och gröna innergårdar ger poäng, vilket fick ett stort genomslag i att mer yta faktiskt gjordes genomsläpplig och grön (Stahre 2008). Detta är ett gott exempel på att kommuner kan skapa drivkraft genom uppmuntran.

## Regleringar och ansvarsfördelning i Sverige

Hanteringen av dagvatten är något som i Sverige kontrolleras genom flera lagstiftningar (Boverket 2016), där plan- och bygglagen samt Lagen om Allmänna Vattentjänster är de mest centrala. Plan- och bygglagen, PBL, reglerar att kommunerna i sina detaljplaner behöver redovisa hur de löser avrinningen inom den fastighet som planen avser, om detta anses kunna utgöra ett problem. Detta är kopplat till formuleringen "/..att mark- och vattenområden används för det eller de ändamål som områdena är mest lämpade för med hänsyn till beskaffenhet, läge och behov" (BL 2010:900). Därmed bidrar PBL med planinstrument för att reglera de fysiska förutsättningarna för att hantera dagvatten.

I Plan- och Bygglagens 2 kap. Allmänna och enskilda intressen (Näringsdepartementet 2010) anges några punkter i paragraf 3 som är värda att lyfta fram. Det är lagstadgat att hänsyn ska tas till naturvärden samt miljö- och klimataspekter och därmed främja "en långsiktigt god hushållning med mark, vatten, energi och råvaror samt goda miljöförhållanden i övrigt." Att bevara områden och mark som med naturliga processer håller och renar vatten är av

allmänt intresse. Starka argument för samhällets vinning i att behålla dessa, eller kompensera för förlorade ytor, skulle kunna bidra till att mer land skyddades (Watson & Adams 2011).

Lagen om allmänna vattentjänster, LAV (Miljö- och energidepartementet 2006), anger istället ansvarsförhållanden i hanteringen av dagvatten. Det är VA-huvudmannen, antingen kommunen eller ett kommunalt bolag, som är skyldiga att ta hand om vattenhanteringen. Detta gäller när ett exploateringsområde ligger innanför ett verksamhetsområde för dagvatten. När så inte är fallet, men behovet för en gemensam lösning anses tillräckligt stor utvidgas antingen kommunens verksamhetsområde eller så bildas ett nytt.

Då LAV inte är tillämpligt hamnar ansvaret på de enskilda fastighetsägarna inom exploateringsområdet. Här kan kommunen fortfarande reglera förutsättningarna i detaljplanen för att säkra genomförandet (Boverket 2016).

I Sverige har kommuner stor kontroll i den fysiska stadsplaneringen (Stahre 2008), och genom att reglera utförandet och ställa krav på fastighetsägarna och de privata investerarna skulle de kunna skapa förutsättningar för företag med innovativa lösningar att utvecklas. Tanken om en lokal hantering av vatten i urbana miljöer förverkligas genom innovation i den privata företagssektorn (Smith 2006). För att nå visionen om ett mer klimatanpassat system för hanteringen av avloppsvatten lyfts det i Svenskt Vattens program *A Vision for Water* (2014) fram vikten av att regeringen behöver sätta tydliga mål. Om regeringen arbetar mer aktivt för exporten av svenska innovativa lösningar skulle det kunna innebära att det blev attraktivt för företag att ekonomiskt stötta de organ som bedriver forskning inom ämnet.

## 4. Systemlösningar av särskilt intresse

Det finns idag fler system som används för att arbeta med framför allt dagvattenhantering på ett nytt sätt. Dessa är framför allt ämnade för att uppehålla och fördröja vatten där det faller, så kallad LOD, lokalt omhändertagande av vatten (Persson et al. 2009). Fler system för hantering av dagvatten började försöka efterlikna naturens naturliga system, i så kallade öppna dagvattensystem (Stahre 2008).

Följande kommer en kort presentation av de system som används idag i mindre eller större utsträckning. Dessa presenteras för att ge en överblick, för att sedan kunna problematisera kring dessa och se potentialen i att de skulle kunna ingå i en större lösning. Valet av underrubriker är för att underlätta förståelsen för de separata systemen och för den fortsatta diskussionen.

### Avloppsvatten: konventionella reningssystem

"Syftet med avloppsvattenrening är att skydda naturen, djuren och människorna från skadliga ämnen som finns i avloppsvattnet" (VA SYD 2014:2). Reningsverk renar genom olika processer avloppsvatten från tungmetaller, större partiklar, organiskt material och andra ämnen som följer med i vattnet från hushåll och industrier (Nationalencyklopedin 2016c).

Vid överbelastning på reningsverket pumpas vatten till en bräddvattenanläggning för att undvika att vattnet når recipienten orenat. De största, oorganiska, partiklarna rensas och renas för att genom förbränning utvinna till energi. Tyngre sand- och gruspartiklar rensas genom sedimentation, förs bort och behandlas för att kunna användas för anläggningsändamål. Genom en järnbaserad fällningskemikalie fälls fosfor ut och avskiljs. I så kallade biobäddar växer mikroorganismer som i aerob miljö utför nitrifikation, alltså

omvandling av ammonium till nitrat. I en efterföljande anaerob miljö omvandlas kväve i nitratform till kvävgas genom en process kallad denitrifikation, där metanol tillsätts som källa till kol som krävs i processen. Efter att ha renat vattnet från de flockar av mikroorganismer som bildas i de tidigare reningsstegen kan mer fällningskemikalier behövas tillsättas om inte fosforhalten är tillräckligt låg, för att sedan släppas ut i recipienten (VA SYD 2014).

Det organiska materialet renas från avloppsvattnet genom sedimentation, och bryts sedan ned med hjälp av mikroorganismer i en anaerob miljö i rötkammare. Där omvandlas det till energi i form av biogas bestående av metan och koldioxid. Den största delen av biogasen omvandlas till elektricitet och värme som används i reningsverket, resterande förs vidare till fjärrvärmenätet. Biogasen kan genom rening av koldioxid och andra oönskade ämnen och tillsatts av propan även användas som fordonsdrivmedel (VA SYD 2014).

### För- och nackdelar

Kvaliteten på vattnet som släpps ut efter reningsprocesserna i reningsverket kontrolleras via digitala mätinstrument och provtagningar, det är därmed lätt att mäta kvaliteten på vattnet som släpps ut samt försäkra att kvaliteten på slammet som återanvänds i jordbruk är hög (VA SYD 2014). Reningsverk använder mycket naturliga processer i reningen, som nitrifikation, denitrifikation och sedimentering. Det tillsätts samtidigt många ämnen och kemikalier, som lut för pH-balansen, polymer för lättare avskiljning från vatten och slamflockar, propan för att bli fordonsdrivmedel, järnklorid och polymen för direktfällning, metanol som kolkälla för denitrifikation, järnbaserad fällningskemikalie för utfällning av fosfor (VA SYD 2014). Användningen av ämnena behöver inte vara något negativt i sig men det förutsätter att mätinstrumenten alltid fungerar, vilket kan anses vara en brist i händelse av längre strömavbrott eller annat haveri.

Att biogas används för elproduktion är en positiv aspekt, men vid fel på gasanläggningen bränns biogasen istället för att undvika utsläpp av metan i atmosfären (VA SYD 2014). Systemet är alltså relativt känsligt för brister och yttre påverkan. Det är även mycket svårt eller omöjligt att rena medicinrester i reningsverket som därmed släpps direkt ut i recipienten. Den ökade inflyttningen ställer större krav på reningsverk samtidigt som miljökraven förväntas höjas vilket är ytterligare en utmaning. Det finns även utrymme för att öka effektiviteten och hitta nya sätt för att tillgodogöra sig mer näringsämnen för återbruk. Stora konventionella reningsanläggningar ligger i regel utanför städer och är därmed beroende av de avloppsrör som för vattnet dit (VA SYD 2014).

## Spillvatten: enskilda avloppssystem

### Infiltrationsbäddar/ markbäddar

En infiltrationsbädd och markbädd fungerar enligt samma princip (Johansson et al. 2002), vattnet rör sig genom ett poröst medium eller filter och renas genom en kombination av mekaniska, kemiska och biologiska processer. Det finns olika typer av medium, sand är dock vanligast då det är billigt och effektivt. Processerna är sedimentation, mekanisk silning, adsorption samt kemisk och biologisk aktivitet där vattnet renas från dåliga bakterier och andra orenheter (Scholz 2006).

En av de viktigaste reningsprocesserna sker via adsorption. Det är en process där ämnen med olika laddningar attraherar varandra så att orenheter knyter an till ytan på det medium som används. Exempelvis attraherar många medium positivt laddade ämnen som järn, magnesium, aluminium och karbonat (Scholz 2006). Laddningen kan dock bli mättad, och börjar då attrahera ämnen med motsatt laddning. Detta bidrar till att infiltrations- och markbäddar kan rena vatten från olika typer av föroreningar över tid.

Bakterier som livnär sig på det biologiska materia som genom adsorption finns på ytan av mediet, bidrar till att höja vattnets kvalitet. Bakteriernas tillväxt sker genom metabolism, och i den processen omvandlas det organiska materialet till energi genom oxidation. Med andra ord omvandlas dött organiskt material till levande organiskt material samtidigt som vattnet syresätts. I denna mineralisering sker en successiv nedbrytning av materialet till oskadliga, oorganiska salter. Bakterier bidrar även till att syresätta den övre delen av bädden (Scholz 2006).

Det är viktigt att vattnet blir renat från en viss typ av bakterier och andra hälsoskadliga ämnen, så kallade patogena ämnen. Här spelar mikrobiologiskt liv i infiltrationsbädden en roll då det har en renande effekt genom kemiska, antibiotiska, och biologiska gifter (Scholz 2006). En typ av infiltrationsbädd som är av extra intresse tack vare att de tar mindre yta i anspråk är kompakta infiltrationsbäddar. Där går spillvattnet igenom veckad geotextil där mikroorganismer bryter ned organiskt material och oskadliggör patogena bakterier (Johansson et al. 2002).

### För- och nackdelar

Infiltrationsbäddar är ytkrävande vilket kan anses vara ett problem i urbana miljöer där ytan i många fall är begränsad. Möjligheten att använda systemet ökar i och med kompakta infiltrationsbäddar (Johansson et al. 2002). En invändning mot infiltrationsbäddarnas reningseffektivitet är att små och lätta partiklar eller helkolloidalt, upplöst, material inte renas. Om en infiltrationsbädd underhålls genom att skrapa av det allra översta lagret kan resterande bädd lämnas orörd och genom den naturliga processen av kemisk och mikrobiologisk oxidation klara sig i flera decennier (Scholz, 2006). Däremot har infiltrations- och markbäddar en begränsad effekt gällande rening av kväve och fosfor, och i en markbädd är kapaciteten att rena fosfor redan efter 5-10 år kraftigt reducerad (Johansson et al. 2002).

### Bioreningsverk: ACT, Alnarp Cleanwater

Alnarp Cleanwater arbetar med reningssystem för enskilda hushåll. Systemet kallas ACT och är ett bioreningsverk där mikroorganismer och växter renar spillvatten utan tillsatser av kemikalier, och består av en till tre komponenter som sätts ihop beroende på reningskrav och vattnets recipient (Alnarp Cleanwater 2016a).

InterACT är huvuddelen i systemet och använder till viss del samma princip som i kommunala reningsverk. Hålliga plaströr skapar stora ytor för mikroorganismer att fästa sig på, som sedan renar vattnet. Det som är speciellt för InterACT är växternas centrala funktion i reningsprocessen. Här används svenska, starkväxande vattenväxter såsom Jättegröe, Svärdsilja, Smalkaveldun och Säv. Mycket biomassa ovan mark innebär att stora mängder näringsämnen renas från vattnet. Om endast InterACT används filtreras vattnet därefter direkt ned i jorden (Alnarp Cleanwater 2016a).

Slam tas hand om genom att ProACT kopplas till systemet steget innan InterACT. I detta steg bryts slammet ned anaerobt vilket bidrar till att endast gas frigörs i processen och slamtömning blir därmed ett problem att sällan tänka på. Som mest kan slamtömning behövas var tionde år.

Om fastigheten ligger i ett högskyddsområde, eller att vattnet ska användas till något som kräver en högre reningsgrad, kan den tredje komponenten kopplas på systemet som ett sista steg i reningsprocessen. Här har vattnet ett så pass högt pH tack vare en kalklösning att miljön blir direkt omöjlig för patogena ämnen att överleva i. Fosfor binds även till kalket som kan återanvändas som näringstillförsel i jordbruk (Alnarp Cleanwater 2016a).

## För- och nackdelar

Alnarp Cleanwater har sedan starten 2008 tilldelats flera pris. South Sweden Cleantech Award (2014) är ett exempel som "går till ett företag som har gjort en avgränsad insats som på ett markant sätt ökat konkurrenskraften och visat på potentialen för miljöteknik" (Sustainable Business Hub 2015). Systemet används idag för rening av vatten från både mindre och större fastigheter och som mest är idag femton InterACT-system sammankopplade till varandra (Alnarp Cleanwater 2016a). Systemet har även testats i större avloppsreningsprojekt, där bland annat ekostaden Augustenborgs tvättstuga kan räknas in som ett lyckat sådant. Där används systemet för att rena vattnet från tvättstugan innan det släpps ut i det större vattenhanteringssystemet med dagvatten (MKB 2013).

Vatten som renats i systemet har stora möjligheter att ingå i ett kretslopp, där det återförs till fastigheten och återanvänds för spolning av toaletter och eventuellt även till tvätt och disk. I projektet "hus-utan-sladd" har Alnarp Cleanwaters system ACT visat sig vara användbart i återförandet av renat vatten för toalettspolning (Alnarp Cleanwater 2016b). Vattnet skulle även kunna återanvändas till bevattning av växter. Det fallet skulle behovet att rena vattnet från fosfor inte längre finns kan vattnet avledas innan sista reningssteget (Alnarp Cleanwater 2016a).

Alnarp Cleanwater har kopierat och komprimerat naturens eget kretslopp och erbjuder en lösning där ett slutet avloppssystem tar hand om avfallet.

- Lagerqvist, Daniel 2016

Systemet ingår även i projektet "Gestaltning för ett energieffektivt campusliv i Albano" där möjliga lösningar för att öka människors förståelse för resurser utforskas. Projektet är en del av KTHs nya campusområde i Stockholm. I förslaget till ett studentboende är systemet integrerat i byggnaden. På varje våningsplan finns ett InterACT (Alnarp Cleanwater 2016c) vilket kan tänkas ha en social positiv effekt i förståelsen av avloppshanteringens samt vara ett rekreativt bidrag i den direkta livsmiljön där växtlighet bidrar med ett estetiskt värde.



Bioreningsverket ACT som en del av byggnaden. Albano Stockholm, Alnarp Cleanwater 2016-02-26

Ytterligare en positiv effekt av reningssystemet är att vattnet renas från läkemedel. Det undersöks fortfarande på Alnarp Cleanwater exakt vad i reningsprocessen som bidrar till detta, men man har starka misstankar om att Smalkavedunen i sitt rotsystem har ett enzym kallat Catalase som kan ha denna positiva inverkan (Alnarp Cleanwater 2016a).

Det som kan anses vara negativt är att reningsverket är relativt dyrt att installera, men samtidigt är systemet långlivat och kräver lågt underhåll. Systemet är även känsligt vid för kalla förhållanden där den biologiska processen inte kan säkerställas. Gällande kapaciteten hanterar ett system upp till 12 personekvivalent, och tar upp en markyta motsvarande 3 kvm vilket kan anses vara platseffektivt i förhållande till andra system (Alnarp Cleanwater 2016a).

## Avloppsvatten: system för dröjning och infiltration

I ett bostadsområde i Malmö kallat Augustenborg, har ett öppet dagvattensystem designats för att uppehålla vatten vid nederbörd. Det har visat sig vara så effektivt att vatten sällan når till det kommunala avloppet förutom vid extrema regn. Detta innebär samtidigt att vattnets rörelse i systemet är relativt långsam, vilket kan bidra till en rik algblomning. För att minska de problemen behövs system skapas för att öka vattencirkulationen inom systemet och därmed säkra vattenkvaliteten (Stahre 2008). Även vegetation kan minska problematiken med algblomning (Veg Tech 2016).

## Våtmarker: Avloppsvatten

Våtmarker är ett samlingsbegrepp för en fuktig eller våt mark, eller en vattenyta täckt av vegetation (Persson 1998) och innefattar många olika typer av ekosystem (Watson & Adams 2011). Under senare tid har våtmarkers förmåga att rena vatten från föroreningar uppmärksammas och börjat nyttjas som ett attraktivt alternativ till rening av vatten från hushåll och industrier, samt förorenat dagvatten (Scholz 2006).

Scholz (2006:102) menar att de grundläggande principerna för våtmarker är att:

- det är en säsongsvariation i våtmarkens förmåga till kemisk reaktion, fasthållande samt upptagningsförmåga. Under våren och sommaren är det mikrobiologiska livet och makrofyter som mest aktivt, och därmed även de renande processerna som mest effektiva.
- ekosystem i koppling till våtmarker påverkar och blir påverkade av våtmarken. Våtmarken kan dra nytta av att exportera vissa näringsämnen och importera andra.
- beroende på våtmarkens typ, de hydrologiska förhållandena och kondition, samt hur lång tid den fungerar som recipient av vissa kemikalier så fungerar den som källa, träsk eller omvandlare av kemikalier.

Våtmarker är ett viktigt inslag i kontrollen av översvämningsrisken, det är därför av stor vikt att skydda och sköta om redan befintliga våtmarker och den vegetation som omger dessa (Watson & Adams 2011).

Natural systems of vegetation, soils, floodplains, and wetlands provide ecosystem services that maintain water balance and mitigate flooding.

- Watson, Donald; Adams, Michele 2011:68

Våtmarker håller vatten och minskar trycket nedströms. Här har den fuktiga toppjorden som alltså inte är vattenmättad en stor roll i kapaciteten att ta upp vatten vid stora regnfall.

Det är viktigt med en förståelse för vattnets kretslopp, hydrologi, och dess egenskaper och beteende, vid anläggning av våtmarker (VA SYD 2014), då de har en avgörande roll för artdiversitet, produktivitet samt näringskretsloppet. Detta gäller oavsett om våtmarken anläggs för sin renande effekt, eller skall fungera som biotop för flora och fauna för ökad artrikedom i annars svaga miljöer. Den rika biodiversitet som uppstår i naturliga våtmarker beror till stor del på grund av de ostabila förhållandena där bland annat en starkt fluktuerande vattennivå spelar in. Detta gäller även vid anlagda våtmarker (Scholz 2006). Det går därmed inte att försöka reglera vattenförhållandena i en anlagd våtmark för att uppnå ett liknande klimat som i naturen. Här verkar det bättre att välja växter med noggrannhet som är anpassade för ståndorten.

Våtmarkernas renande effekt beror, precis som i infiltrations- och markbäddar, på biologiska och kemiska processer. Växterna spelar en viktig roll i denna process, men i och med att det är speciella förhållanden i en våtmark så påverkas förmågan till rening av vissa parametrar. Våtmarken består till stor del av vattenmättad jord, därav blir miljön syrefattig på relativt grunt djup. Detta påverkar växtvalet (Scholz 2006). Företaget Veg Tech arbetar med ett koncept kallat "flytande våtmark". Det är ett system som renar vatten precis som i våtmarker, men som kan placeras i alla typer av vatten (Veg Tech 2016). Detta kan vara ett intressant alternativ om det är problematiskt att skapa de speciella förutsättningar som en våtmark innebär, då en damm eller andra vattenmiljöers reningskapacitet behöver öka.

#### För- och nackdelar

Våtmarker är aktiva i förvandlingen av oorganiska ämnen till organiska motsvarigheter. Om våtmarkerna skapas med flacka sidor är de lättillgängliga och vegetation som ängsväxter och gräs kan etableras väl (Stahre 2008). Förutom den renande effekten vatten kan en våtmark inneha ett stort rekreativt värde i urbana miljöer i och med att den fungerar som habitat för många växter och djur, samtidigt som den därmed utgör en resurs för den biologiska mångfalden (Scholz 2006).

I Nationalencyklopedin beskrivs att hanteringen av kväve är kopplat till mängden vatten som ska renas, "Vid små mängder avloppsvatten kan kvävereningen förläggas utanför det egentliga reningsverket i en konstgjord våtmark" (Nationalencyklopedin 2016c). Detta stärker en teori om att en anlagd våtmark skulle kunna vara en bidragande del i hanteringen av spillvatten i ett lokalt system. I ett projekt i Malmö under 90-talet kunde en våtmarks rening av kväve och fosfor uppgå till 50% under den aktiva växtsäsongen (Stahre 2008). Här är det dock viktigt att tänka på att anlagda våtmarker som har till syfte att rena vatten är små soldrivna ekosystem och påverkas därmed av årets olika årstider (Scholz 2006). Under vinterhalvåret var reningen betydligt lägre, och det visade sig att det var nödvändigt att sköta om våtmarken för att uppehålla reningskapaciteten, bland annat genom att ta bort bottensediment (Stahre 2008).

#### Dammar: Dagvatten

I dagvattendammar uppehålls vatten och renas med hjälp av vegetation och de mikroorganismer som finns i vattnet och i anslutning till växternas rotsystem. Vattnets långsamma rörelse bidrar till att partiklar kan renas från vattnet genom sedimentation (Veg Tech 2016). Reningsprocessen fungerar i stora drag som i våtmarker och infiltrationsbäddar. För att skapa så stor variation av arter som möjligt kan olika biotoper skapas genom att variera dammens djup, hur branta kanterna är samt vilket material som används i botten av dammen (Stahre 2008).

## För- och nackdelar

I och med att dammar är öppna för sol och värme finns risken för algblooming, vilket kan innebära stora skötselinsatser för att säkra vattnets kvalitet. Samtidigt är dammar precis som andra öppna system en attraktiv lösning i och med de stora rekreativa värdena (Stahre 2008). Växter som en del av dammen har visat sig vara effektiv i motarbetandet av alger (Veg Tech 2016).

## Fler viktiga komponenter

### Genomsläpplig markbeläggning

När allt mer mark blir hårdgjord ökar också mängden vatten som inte kan infiltreras, så kallad avrinning. Samtidigt minskar tillförseln och påfyllning av grundvatten, och evapotranspiration från mark och vegetation blir lägre. Hårdgjorda ytor skapar avrinning redan vid regn på 2,5 mm, medan naturliga marker med vegetation och naturliga jordar kan uppehålla och infiltrera regn på upp till 25 mm. Även marker som inte är hårdgjorda har olika stor förmåga att infiltrera vatten. Gräsmattor och odlingsmark har låg kapacitet att ta hand om nederbörd, medan skogsmark och ängar har hög (Watson & Adams 2011).

Genom att öka mängden genomtränglig yta ökar även markens infiltrationsförmåga, och mer nederbörd kan tas om hand utan extra insatser. Exempelvis finns det en stor vinning i att ersätta asfalterade parkeringsytor med genomsläppliga material. Detta skulle också kunna bidra till att urban vegetation fick bättre tillgång till vatten (Stahre 2008). Ett exempel på ett material som är av intresse är mineraljordar, som har en långtidsstabilitet och bra struktur, och till skillnad från organiska jordar bryts mineraljordar ned mycket långsamt. För att öka framkomligheten på genomsläppliga material som gräs, mineraljordar och grus kan olika typer av armeringar användas (Veg tech 2016).

### Vegetation

Växter har gått från att främst utgöra ett rekreativt bidrag i våra urbana miljöer, till att faktiskt användas i lösningar på tekniska problem. De naturliga egenskaperna kan användas för att angripa miljöproblem, och bidrar bland annat till biologisk mångfald, renare luft, naturlig luftfuktighet och naturlig dagvattenhantering (Veg Tech 2016).

Den största delen av avrinning av dagvatten sker i början av regn, här har växter mycket att bidra med. Bland annat fångar vegetation upp nederbörd på bladen, varav upp till 90% kan återföras till atmosfären via transpiration. Ett urbant, lövfällande träd tar upp uppemot 14 mm regn, och ett helt trädbestånd uppemot 35 mm. Vidare bidrar vegetation till att underliggande mark förses med organiskt material som ytterligare ökar infiltrations- och hållningsförmågan, samt reducerar erosion genom att minska kraften som regnet faller med (Donald & Adams 2011).

Makrofyter är ett samlingsnamn på växter som lever i vatten och har en viktig roll dess renande effekt genom att skapa större ytor för det biologiska mikrolivet, samt med organiskt material för en stor biologisk aktivitet (Johansson et al. 2002). Växterna fungerar som näringspumpar genom att ta upp exempelvis fosfor som är bundet i djupare sediment. Det hela ingår i ett kretslopp där växternas rötter tar upp fosfor som binds i plantan, växten dör och fosfor frigörs i nedbrytningen och finns återigen i våtmarken för levande växter att ta upp (Scholz 2006). De hjälper även till att utkonkurrera alger i öppna vattensystem (Veg Tech 2016). Vegetation bromsar upp vattenflödet vilket skapar förutsättningar för sedimentation av förorenande partiklar (Veg Tech 2016). I begreppet makrofyt ingår övervattensarter, ytvattenarter, undervattensarter samt fritt flytande arter, bland annat större alger,



vattenmossor samt kärlväxter som bladvass och jättegröe (Nationalencyklopedin 2016b; Scholz 2006).

Bra växter för renande system karaktäriseras enligt Scholz (2011) bland annat av att:

- de är ekologiskt anpassningsbara för till exempel ogräs och sjukdomar
- de är toleranta mot lokalförhållandena så som klimat
- de är toleranta med förorenande ämnen och vattenmättade förhållanden
- de har en god och snabb etableringsförmåga, de sprider sig bra och växer snabbt
- de har en god förmåga att rena vatten från föroreningar genom upptagning

Vanliga makrofyter i Sverige är Gul Svärdslija, *Iris pseudocarus*, och Kabbleka, *Marsh Marigold*. Växter som Bladvass, *Phragmites australis*, Kavedunssläktet, *Thypha*, och Rörflen, *Phalaris arundinacea*, kan användas för att rena vattnet från tungmetaller och näringsämnen (Stahre 2008). Listan på passande växter med effektiv reningskapacitet kan göras lång, och för att växtlighet ska fungera bra och bidra till de olika reningssystemen är en variationsrik sammansättning av vikt. För långlivade anläggningar behöver växtalske utifrån det svenska klimatet (Veg tech 2016).

Människor uppskattar vegetationen som är inkluderade som en del av våtmarker och dammar. Att arbeta med system som inkluderar växtlighet innebär samtidigt vissa skötsel aspekter som bör tas i beräkning redan i planeringsstadiet. I anslutning till våtmarker kan till exempel ängsväxter behöva slå och fraktas bort, och större träd beskäras (Stahre 2008). Det finns dock exempel som visar på att anläggning av system som renar dagvatten med naturliga processer kan vara mer kostnadseffektiva just tack vare vegetation. I Täby ersattes en konventionell reningsanläggning med en våtmark med flytande vegetationsmattor. Investeringskostnaderna motsvarade ett års drift av det gamla reningsverket, och fortsatt var skötselkostnaden låg för våtmarken (Veg Tech 2016). Det är heller inte helt problemfritt att bygga hållbara växtbäddar i öppna dagvattensystem, då växterna ska tåla både högt stående vatten och perioder av torka (Scholz 2006).

Ett viktigt inslag i urbana miljöer som bidrar till en hållbar dagvattenhantering är gröna tak. Detta är alltså takplanteringar, såsom sedumtak, vilka har en förmåga att reducera mängden avrinningsvatten genom att uppehålla det och genom evapotranspiration återföra så mycket som 50% till atmosfären. Takplanteringar är indelade i extensiva och intensiva, där till exempel sedumtak ingår i den första gruppen. I extensiva takplanteringar krävs endast ett tunt lager jord, växterna ska tåla torka och det krävs i princip ingen skötsel. Intensiva takplanteringar kan endast anläggas på tak som klarar av den väsentligt högre tyngd som ett tjockare jordlager innebär. En intensiv takplantering kan se ut och skötas som en vanlig trädgård (Stahre 2008).

Takplanteringar är ett bra sätt att anlägga naturlika planteringar på för att skapa biodiversitet där arter som riskerar att dö ut och inte trivs i för "städade" miljöer, kan frodas. På så sätt fungerar takplanteringen som biotop för dessa arter, samtidigt som det inte kommer i konflikt med att människor vill ha vacker natur att titta på (Stahre 2008). Det finns företag som erbjuder "färdiga" lösningar för tak, som inkluderar död ved av ek och bok, stenrösen samt insektshotell för att gynna insekter och fåglar. Ett annat inslag som bidrar till biologisk mångfald i urbana miljöer är ängar. De har också en stor vattenhållande och infiltrationsförmåga, samt att det är mer kostnadseffektivt än gräsmattor som heller inte är lika effektivt i omhändertagandet av dagvatten (Veg Tech 2016).

## Urinavskiljning

Urinavskiljning är inte ett system i sig, utan snarare ett komplement till andra system. Det finns många positiva aspekter i att kunna återföra så stor andel kväve och fosfor till jordbruk. För att gödsla 1 hektar jordbruksmark krävs urin från 30 personer. I ekologiskt jordbruk används inte handelskväve, vilket gör återanvändning av urin extra intressant tack vare den höga koncentrationen av snabbverkande kväve. Här är ett område där politiker och myndigheter behöver sätta press på tillverkare och stötta konsumenten för att ett kretslopp ska kunna bli verkligheten (Johansson et al. 2002).

Genom att avskilja urin till en separat tank blir det mindre föroreningar som behöver renas i resterande system. Det skulle underlätta hanteringen av näringsämnen för återförande till jordbruket (Johansson et al. 2002).

## 5. Att ta det ett steg längre

### Kretsloppstänket

#### Vatten

Vatten livnär allt levande och är grunden till all vegetation och de ekosystem som skapar biodiversitet. Vattnet formar och påverkar landet när det faller från himlen och banar sin väg över jorden mot havet. Cirka 71 procent av jordens yta är täckt av vatten, varav endast 3 procent består av sötvatten, och en stor del är bundet i is. Detta lämnar en liten andel vatten som är tillgängligt för människan i grundvatten och sötvattensjöar (Watson & Adams 2011). Den årliga nederbörden avgör den så kallade vattenbalansen, hur mycket vatten som tillkommer som nederbörd och hur mycket som återvänder till atmosfären genom evapotranspiration från jord och växter. Ett mål är att urbanisering inte ska påverka den naturliga vattenbalansen (Stahre 2008). Evapotranspiration kan stå för upp till hälften av ett områdes årliga nederbörd, så genom att öka markens upptagningsförmåga kommer därmed vatten att kunna återföras från mark och vegetation till atmosfären. Genom design och underhåll kan vatten i urbana miljöer göras till en resurs för naturen och människan (Watson & Adams 2011).

Design for resilience recognizes the natural processes of the hydrological cycle and the role of soil, plants, and reservoirs in holding and using water.

- Watson, Donald & Adams, Michele 2011:31.

Design som efterliknar naturen och vattnets kretslopp är alltså den som är hållbar i längden. I ett naturligt kretslopp är ytvattenavrinning en väldigt liten del av vattenbalansen (Watson & Adams 2011). Därmed finns ett behov av att återskapa markens naturliga del i att hålla vattenbalansen.

I Sverige ser vi en vinning i att återanvända spill- och dagvatten, och på lång sikt kanske det till och med är en nödvändighet att göra så. I många länder runt om i världen är det redan idag viktigt att kunna återanvända vattnet som förbrukas:

Water is a key resource for humans and the environment and is a pre-requisite for prosperity. However, clean water cannot be taken for granted. Not now, nor in the future, in Sweden or globally.

- Svenskt Vatten, 2014:10.

I *Design for Flooding* (Watson & Adams 2011) konstaterar författarna att det inte längre handlar om att endast leda bort vatten, det måste tas om hand på plats, både för att kontrollera översvämningsrisken men också för reningen av vatten för att återanvändas. Tekniken finns redan, och att den i kombinerade system skulle kunna göra städer självförsörjande av vatten. Många problem skulle kunna lösas redan inne i hemmet genom rent tekniska lösningar som vattenreglerande armaturer och avskiljning av vissa fraktioner. En stor del av lösningen handlar om människans beteendemönster och förståelse (Johansson et al. 2002). Genom minskad vattenanvändning minskar belastningen på reningssystemet (VA SYD 2014).

## Näringsämnen

Det finns miljömål från riksdagen att slam från kommunala reningsverk ska användas som gödsel på åkermark vilket skulle minska förbrukning av konstgödsel. Detta bidrar till att näringsämnen som fosfor och kväve ingår i ett kretslopp som gynnar plantor i odling. Mängden kväve och fosfor i kommunala reningsverk uppgår till ungefär 8000-9000 ton respektive 7000-8000 ton per år (Nationalencyklopedin 2016c). Avvattnat slam förs bort för lagring och innehåller stora mängder näringsämnen som kan återanvändas i jordbruk eller genom inblandning av sand och andra strukturmateriel som anläggningsjord (VA SYD 2014).

En del av problematiken med att återföra kväve till jordbruk är när reningsprocessen av avloppsvatten inkluderar denitrifikation så att kvävet blir luftburet. Det är tämligen energikrävande att omvandla luftkväve till växttillgängligt, och för att kretsloppet skall vara hållbart kan inte energiförbrukningen vara större än den energi som sparas. I realiteten är en grundläggande faktor att det finns ett fungerande system och intresse från jordbrukets sida för att återföra närsalter till jordbruket i ett kretslopp (Johansson et al. 2002).

Högkvalitativ fosfor är ett av de viktigare näringsämnena att få in i ett hållbart kretslopp. Det är en ändlig resurs som är nödvändig i matproduktionen av spannmål. Idag läcker mycket av fosfor tillsammans med andra näringsämnen ut i havet, och Östersjön och andra recipienter kan inte längre hantera den extra tillförsel av näringsämnen som idag sker (Svenskt Vatten 2014).

## Faktorer att räkna in

De viktigaste faktorerna för ett bra system som lyfts fram i programmet *A Vision for Water* är att de behöver vara resurseffektiva och bidra till låga utsläpp. Översvämnningar kommer till följd av de mer frekventa extremskyfallen oundvikligen att ske, därmed är syftet med att ta fram nya, hållbara lösningar att minska omfattningen och minimera skaderisken. En tänkbar lösning enligt programmet är att nya system skulle innefatta mer blågrön struktur i städerna (Svenskt Vatten 2014). Gällande översvämningsproblematiken är framtidens system viktigaste uppgift att fånga upp det första, och så mycket som möjligt, av fallande nederbörd vid stora regn, samt det mesta eller allt vid små. Detta för att minska mängden avrinning att ta hand om längre ned i vattnets flöde, precis som i naturliga system.

The most effective approach to flood reduction is to protect, restore, or replicate the response of a natural system

- Donald, Watson & Adams, Michele 2011:78

Donald och Adams (2011) menar således att system som imiterar naturliga system kan ha en liknande eller samma effekt som ett autentiskt. Detta är positivt i bemärkelsen att naturliga system sällan förekommer efter urbanisering, men genom att återskapa liknande förutsättningar kan samma positiva effekter uppnås.

Vid välplanerade projekt, så som nybyggnationer av bostadsområden eller infrastruktur, kan ekonomiska vinster göras genom att balansera jordmassor för att minska transporter. Utgrävda jordvolymer kan användas till uppfyllnad för till exempel ljudbarriärer längs vägar, medan tomrummet omvandlas till renande bäckar och vattendrag som kontrollerar avrinning och vattenbalansen. Utgrävt material kan även användas till att formge landskapet kring en anlagd damm, sjö eller våtmark. Det är alltid av stor vikt, när nya system planeras i ett befintligt bostadsområde, att dialog förs med de boende. De har värdefull input om vad som är önskvärt i utformningen samt kan ge feedback hur systemet utvecklas (Stahre 2008).

## 6. Kombinerade system för avloppshantering

Att upprätthålla dagvatten kan bidra till en stor lättnad för kombinerade dag- och spillvattensystem i nedgrävda rör (Stahre 2008).

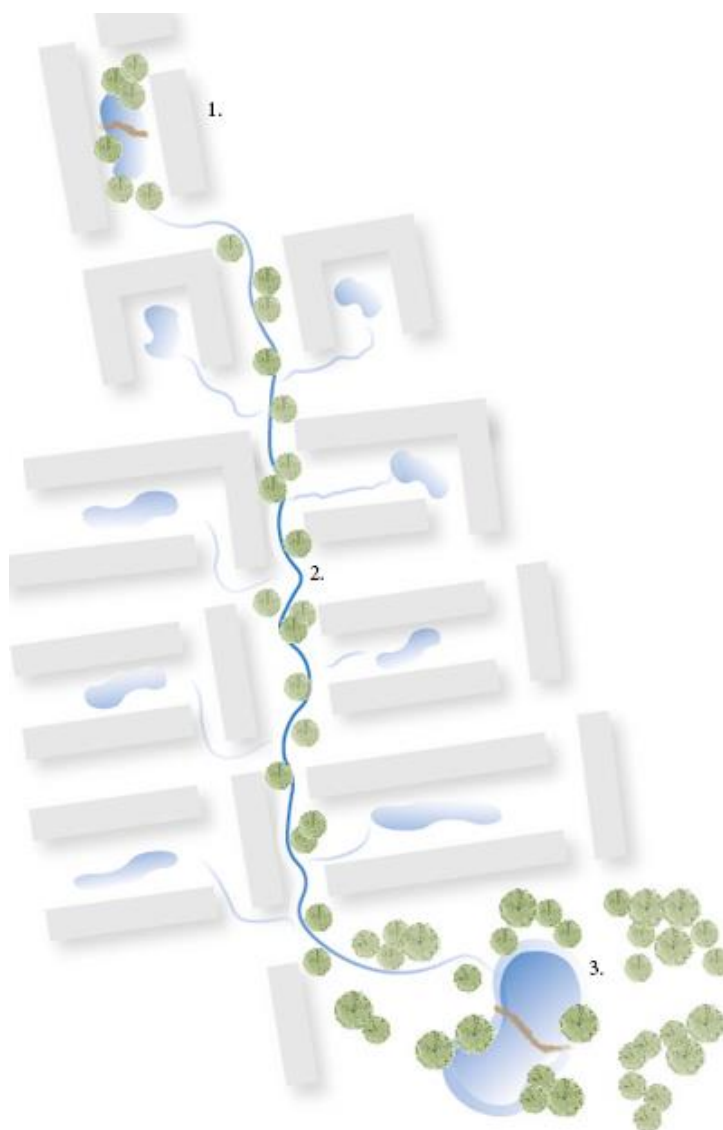


Bild till vänster: den övergripande idén med systemet som grön korridor/eko-korridor i ett större sammanhang (egen).

### 1. Lokal hantering

Spillvatten från hushållen renas i lokala reningsverk och blandas med dagvatten i öppna system (här en damm på innergården). Så mycket vatten som möjligt återbrukas i bostäderna.

### 2. Långsam transport

Gröna korridorer kan skapas genom att koppla samman mindre använda ytor. Saknas möjlighet för detta kan lösningar för avrinning göras längs gatan. Fördelen med att vatten rinner längs ytor som kan infiltrera vatten är att det blir mindre tryck längre ned i vattenflödet.

### 3. Sluthantering

Det vatten som inte tas om hand lokalt eller längs med transporten når ett system med öppen vattenhantering för hela kvarteret. Detta kan vara en damm eller sjö med en buffertzona av våtmark som kan ta hand om vattenmängder vid stora regn.

Bild nedanför: Principskiss över hur urbana innergårdar skulle kunna gestaltas för att rymma reningsverk och öppna vattensystem (egen).



1. Spillvatten från hushåll renas från läkemedelsrester, organiska ämnen samt fosfor och kväve i lokalt reningsverk (här ACT från Alnarp Cleanwater)
2. Vatten leds ut till dammen och blandas med dagvatten
3. Vatten cirkuleras och renas i dammen med hjälp av vattenlevande organismer och växter, samt infiltreras i botten och återförs till atmosfären genom evapotranspiration från växter och
4. Vatten pumpas tillbaka till byggnaden för bland annat toalettspolning

Vid nybyggnation skulle med fördel toaletter med urinavskiljning installeras. Det skulle skapa förutsättningar för att så mycket som 80 % av kvävet och 50 % av fosfor som släpps ut från Sveriges hushåll skulle kunna användas till gödsling av jordbruksmark (Johansson et al. 2002). Vegetation bidrar till minskade problem med nederbörd, där framför allt träd hjälper till att ta upp vatten och återföra det till atmosfären (Donald & Adams 2011).

## Exempelplats: Malmö

Det finns vissa goda exempel på städer som har börjat arbeta med vattenhantering på ett öppet och pedagogiskt vis. I Sverige lyfts både Malmö och Växjö fram som sådana just för att de integrerar blågröna vattenlösningar i den urbana stadsbilden, vilka nästan uteslutande hanterar dagvatten (Svenskt Vatten 2016).

Malmö är en stad med strax över 300 000 invånare (Malmö Stad 2014) och växer ständigt (Stahre 2008). Vattnet från staden tas om hand i Sjölanda Reningsverk, som tar emot cirka 1350 liter vatten per sekund, motsvarande 7 fulla badkar. Det är ett av Sveriges största

reningsverk och har större delen av Malmö och omkringliggande kommuner knutna till sig. Detta motsvarar cirka 550 000 personekvivalenter, pe. (VA SYD 2014).

I slutet av 80-talet uppkom intresset att hitta nya tekniklösningar på de stora avrinningsmängderna vid regnfall i nybyggda områden. Detta var ett initiativ från vattenförvaltningen i Malmö och uppkom framför allt på grund av problematiken med överbelastning på de befintliga systemen vid dessa regn. Det första projektet var Toftanäs där dränering av dagvatten integrerades i en redan etablerad park. Förslaget möttes av stor skepsis men efter genomförandet 1990 blev projektet en stor succé nationellt och internationellt, och bidrog till att uppmuntra Malmö till ytterligare planer för liknande projekt (Stahre 2008). Sedan dess genomför Malmö stad en rad projekt, exempelvis har torrlagda våtmarker återskapats vilket har synliggjort vatten i landskapet, ökat den biologiska mångfalden samt gett Malmös invånare större tillgång till natur (Stahre 2008).

Malmö stad står inför en rad utmaningar, dessa innefattar bland annat nya miljömål, en ökad innerstadsbefolkning och klimatförändringar (VA SYD 2016a). Rörledningarna i det befintliga systemet är inte dimensionerade för att ta hand om de extremregn som klimatförändringarna innebär, och Malmö lägger idag stora resurser på att avlasta de områden som är i riskzonen för till exempel översvämningar. Förutom översvämningar leder till att orenat avloppsvatten leds ut i Malmös kanaler och havet. VA SYD arbetar tillsammans med Malmö stad för att ta fram en skyfallsplan (VA SYD 2016b). Det utreds nu samtidigt, efter godkännande från kommunstyrelsen, en byggnation av en ny avloppstunnel som ska ersätta det gamla avloppssystemet till Sjölanda reningsverk, ett av reningsverken som renar Malmös vatten. Tunneln är tänkt att "säkra avloppsvattenshanteringen på lång sikt" genom att bland annat minska utsläppen av orenat vatten till Malmös vattendrag och föra vattnet mer effektivt från innerstaden till reningsverket. Tunneln är dock ingen lösning till problemen med översvämning eller andra följder av extremskyfall och stigande havsnivåer. VA SYD och Malmö Stad är medvetna om att fler åtgärder kommer att krävas för att klimatanpassa och framtidssäkra vattenhanteringssystemet, här kommer bland annat behovet av en skyfallsplan in (VA SYD 2016a).

Malmö Stad har sedan 90-talet framarbetat en policy för hantering av dagvatten. En av strategierna för ett hållbart arbete är att inkorporera en plan för hanteringen redan i översiktsplanen och sedan säkra planen i bindande detaljplaner. Det viktigaste i policyn är att sammanföra aspekterna av vattnets kvantitet, kvalitet samt sociala möjligheter (Stahre 2008). Sättet att arbeta hållbart med dagvattenhantering har under åren ändrats från att främst arbeta med lokala dammar och våtmarker till multifunktionella eko-korridorer. Dessa har större kapacitet att hantera stora, plötsliga vattenmängder, samt stor potential att rymma rekreativa kvalitéer (Stahre 2008). Det finns ytor inom tätorten Malmö som borde kunna nyttjas till liknande projekt, men som med fördel inkluderar spillvattenhantering. 2005 gjorde SCB (Statistiska Centralbyrån 2005) en kartläggning av alla grönytor inom Sveriges tätorter. I Malmö fanns det då 744 hektar landyta inom tätorten som varken var bebyggd eller innehöll växtlighet. Ytor kopplade till hyreshus uppgick sammanlagt till en yta av 1134 hektar. En stor andel av detta kan tänkas bestå av parkering.

## 7. Diskussion och slutsats

### Positiva bieffekter

Watson och Adams (2011) beskriver att det genom design som härmar naturen, och är mer klimatanpassad, går att förbereda för och utnyttja klimatförändringar och extremväder. Genom att se vatten som en resurs snarare än ett problem kan biotoper inom staden skapas och vattnet fungera som vattenhåll för djurliv, rekreativt inslag, för matproduktion och som källa till dricksvatten. I denna design med fler fungerande naturområden, vegetation, vatten och levande organismer kan mängden ekosystemtjänster öka där ekonomiska, hälso- och sociala vinster finns att hitta. Kanske kan ett införande av mer blågrön struktur ses som en kompromiss för den mark med naturliga resurser för vattenhantering och biologisk mångfald som försvinner i och med utbredningen av städer.

I system som hanterar vatten i öppna, naturliknande förhållanden, beskriver Peter Stahre (2008) i *Bluegreen Fingerprints* fler positiva effekter. Dessa är bland annat värden av estetiskt, rekreativt och pedagogiskt slag. Även ekologiska, biologiska och zoologiska samt ekonomiska vinster finns att hitta. Genom att omvandla befintliga gröna ytor och koppla samman dessa till eko-korridorer kan värden som biodiversitet, dränering och rekreation förstärkas, för att nämna några (Stahre 2008). Det verkar som att de flesta projekt med öppen dagvattenhantering som genomförts har haft som mål både att hantera dagvatten- och översvämningsproblem, samtidigt som det skapas attraktiva miljöer för rekreation. Den senare anledningen ska nog inte underskattas när det kommer till att motivera anläggning av nya system.

### Brister

Att arbeta med öppet vatten i bostadsnära miljöer kan anses utgöra en säkerhetsrisk. I Augustenborg, Malmö, har dagvattenhanteringen lösts med en kombination av öppna system. I det kombinerade systemet ingår bland annat dammar, våtmarker, kanaler och diken, och inget av området är avspärrat i säkerhetsaspekt. Det har visat sig vara effektivt att arbeta med säkerheten vid öppna system genom tydliga skillnader i material och färg i markbeläggningen runtomkring. Ett annat sätt att arbeta förebyggande med säkerhet är att begränsa djupet samt göra kanter lätta att komma upp för (Stahre 2008).

I projektet Bo01 i Malmö har de privata markägarna gått samman med Malmö kommun och anlitat samma entreprenad för skötsel och underhåll av området. Enligt entreprenaden kostar skötseln av grönskan i de öppna dagvattensystemen 100-200% mer än traditionella planteringar, där den största delen handlar om att plocka bort skräp samt hålla de öppna vattenytorna rena från algblooming (Stahre 2008:69). Det verkar inte gå att säga exakt hur stor inverkan växter som inkluderas i reningssystem har, men att de har en positiv effekt i reningen av tungmetaller och upptag av näringsämnen är konstaterat. De bidrar bevisligen till sociala fördelar, och växtlighet hjälper till att minska mängden avrinning genom att ta upp vatten innan det når marken, föra ner till djupare jordlager samt öka evapotranspiration till atmosfären. Förutom kostnadsaspekten kan det som slutsats aldrig anses vara negativt att planera system som inkluderar växtlighet.

### Slutdiskussion

Gällande realiseringen av ett nytt sätt att hantera det urbana vattnet i ett kretslopp behöver fler aspekter vägas in och genom studien har några grundläggande förutsättningar identifierats. En viktig del är den statliga och kommunala faktorn. Lagar kan i hög grad reglera de riktlinjer och råd som ges till kommunerna av länsstyrelser och Naturvårdsverket,

vilket i sin tur påverkar kommunernas arbete och planering för vatten- och energiförsörjning samt hantering av avloppsvatten. I de flesta fall hanterar flera olika delar inom kommunen dessa frågor, här är alltså en god central styrning direkt avgörande för en god samordning (Johansson et al. 2002).

To succeed with sustainable urban drainage you need an active support from the top managerial level in the city administration. The politicians and the managers of different city departments must have the courage to withstand the critiques that inevitably will come from the traditionalists in their respective organisations.

- Stahre, Peter 2008:93

Det finns även en stor ekonomisk aspekt att ta hänsyn till. I *A Vision for Water* lyfts det fram att det behöver ske en kontinuerlig förbättring av det befintliga rörnätverket. Med hänsyn till den kostnad som det innebär att hålla rörnätverket i brukligt skick (Svenskt vatten 2014) så bör diskussionen kring möjligheterna att lägga de investeringarna på att hitta nya innovativa lösningar. Det verkar finnas ekonomiska vinster att göra på lång sikt, inte minst genom att sätta Sverige i framkant av utvecklingen för att gynna export.

The water sector's common agenda for research and innovation will create opportunities for innovative and sustainable solutions for water challenges in Sweden and globally. It will strengthen Sweden's international competitiveness in the water sector and help boost export opportunities for Swedish companies. This will be achieved through new, long-term and in-depth national and international collaboration and mobilisation.

- Svenskt vatten 2014:4.

Detta citat stärker två saker som uppsatsen behandlat. Dels att det är den kommersiella sektorn som kommer att driva utvecklingen framåt, samt tanken om att samarbete och hopslagning av flera separata delar kan vara nyckeln till en hållbar vattenhantering. En sådan nödvändig samordning är den med jordbruket, vilket är en absolut nödvändighet för att ett kretslopp av de näringsrika ämnen som finns i avloppsvattnet ska kunna återanvändas för produktion av mat (Johansson et al. 2002).

I Sverige har många projekt genomförts med lokalt omhändertagande av dagvatten, ofta med positiv effekt utifrån tekniska, ekologiska och sociala aspekter. Öppna system, av både dag- och spillvatten kan bidra till boendens uppskattning av sin närmiljö. Till exempel har öppna dagvattensystem visat sig bidra till platser för vila och eftertanke, ljud och estetiska värden som är nära kopplat till vatten, arbetet med olika material och förutsättningar för mer vegetation (Stahre 2008:). Ett system där vatten renas och återanvänds lokalt, genom processer som efterliknas naturens, skulle mycket troligt bidra till ett mer hållbart angreppssätt på vattenhanteringen, samtidigt som det skulle kunna föra med sig positiva bieffekter som att öka den biologiska mångfalden och skapa bättre levnadsmiljöer för den urbana människan.

En av nyckelfaktorerna till ett mer hållbart sätt att se vatten som en resurs grundar sig i människans beteende (Johansson et al. 2002). Här kan det således argumenteras för vikten att lyfta fram reningen av vatten närmare människans vardag. Att se reningsprocessen och förstå att vattnet ingår i ett kretslopp skulle mycket troligt ha en pedagogisk effekt (Johansson et al. 2002). I diskussion med Clara Hermansson, miljövetare på Alnarp Cleanwater, togs möjliga positiva effekter upp av att använda sig av bioreningsverket InterACT i urbana miljöer som ett alternativ till kommunens konventionella reningsverk. Att rena spillvatten nära människan rent fysiskt skapar en förståelse för den resurs som vatten utgör, samt för hur vår vattenförbrukning och det som följer med vattnet från våra hushåll faktiskt behöver tas om hand om.



I uppsatsen har systemlösningar och exempel som egentligen är lämpade för enskilda fastigheter tagits upp. De tekniska lösningarna är av intresse, samt potentialen att koppla samman flera system för att hantera kommunernas stora volymer. En aspekt som kan tala emot dessa typer av systemlösningar, som många är relativt platskrävande (Johansson et al. 2002), är att det inte finns plats i en tät, urban miljö. Det finns dock siffror som talar för att mycket ytor i urbana miljöer är mer eller mindre outnyttjade (Statistiska Centralbyrån 2005). Det finns en tilltro till att ta fram hållbara system som ser till att vattenhanteringen sparar på miljön genom att vara energieffektiv och med fokus på begreppet kretslopp:

We will need to develop solutions that connect the city's water and waste problems in more unconventional ways, from which resources can be extracted in the form of energy, recycled water and nutrients that can be returned for productive use. It should be possible for this to be achieved with facilities that cost less than today's solutions.

- Svenskt Vatten 2014:9.

Gällande att föra in vatten i ett brukarkretslopp finns redan exempel där återförandet av renat vatten till spolning av toaletter har visat sig effektivt, och utvecklingspotentialen är stor. Frågan behöver dock fortsätta få ökad prioritet för att gynna forskning och innovation. I ett internationellt perspektiv kan det te sig ännu viktigare att så småningom ta fram system som renar vatten till drickskvalitet, men inte ens i Sverige bör rent vatten tas för givet.

## Slutsats

Att fortsätta arbeta för nya lösningar och förändra hantering av vatten i urbana miljöer är av uppenbart stor vikt. Det är många källor som påpekar att det finns ett behov att hitta alternativa system för hanteringen av avloppsvatten generellt. Det är extra viktigt i urbana miljöer där en hög befolkningstäthet bidrar till stor spillvattenförbrukning som ska omhändertas, samtidigt som den höga andelen hårdgjord yta hindrar marken från att på naturligt sätt infiltrera dagvatten. Detta gör urbana miljöer känsliga för större regn och kollapser i systemet av avloppshantering.

En förutsättning för att realisera ett nytt, hållbart system för avloppshantering verkar vara att förändra tankesättet hos de inblandade i planeringsprocessen. Detta sker genom reglering och stöttning från beslutande instanser, som i sin tur skapar förutsättningar för innovation och drivkraft inom den privata sektorn för att sedan ge planerarna nya verktyg att jobba med.

En stor fråga gällande realiseringen av nya system är den ekonomiska aspekten då mycket investering i forskning är nödvändig. Om de visioner och argument från olika instanser i Sverige är genuina, och om ett system som i längden är mer kostnadseffektivt än de i bruk idag verkar det inte vara en allt för avlägsen realitet att arbeta med avloppsvatten på ett nytt sätt. Vetskapen finns att investeringen i befintliga system inte kommer vara tillräckliga för att möta framtidens behov, en del av pengarna skulle med fördel kunna läggas på utvecklingen av innovativa idéer.

De öppna system som används för hanteringen av dagvatten måste kunna anses som lyckade. I de projekt i Malmö där det arbetats med öppna dagvattensystem var det endast i ett fåtal fall vid extra regn som vatten inte kunde tas om hand helt inom området. Rent teoretiskt verkar det inte finnas några hinder för att spillvatten skulle kunna renas i små lokala reningsverk för att sedan förenas och tas om hand på samma sätt som dagvatten. En stor fråga handlar om kapaciteten i dessa system, vilket är kopplat till markutrymme i urbana miljöer. De siffror som presenterats i uppsatsen indikerar att det finns ytor att nyttja för

anläggandet av lokala system även inom en tätort, men vidare analyser är nödvändiga för att bekräfta om det är tillräckligt utifrån tillgängliga reningssystem. Det krävs även en prioritering av markanvändningen då lokala system tar plats, men då dessa skulle bidra till en rad positiva bieffekter utöver ett hållbart vattensystem finns det goda argument för en sådan prioritering.

Slutsatsen av genomförd studie är följaktligen att det finns förutsättningar för att skapa lokala, kretsloppsbaseade system i stadsrummet. Denna utveckling är redan igång, även om det realistiskt får tänkas handla om ett längre tidsperspektiv. Det kanske inte heller kommer ske i en så omfattande utsträckning som studien först var tänkt att undersöka. Poängen är kanske inte heller att byta ut de befintliga systemen helt och hållet, utan snarare att fortsätta ifrågasätta och utmana rådande trender för att gynna en hållbar utveckling och på så sätt säkerställa att urbana miljöer kan möta framtidens utmaningar.

## 8. Referenser

- Alnarp Cleanwater (2016a) *Dokument*. Tillgänglig via:  
<http://www.alnarpcleanwater.se/dokument-2/> [2016-05-22]
- Alnarp Cleanwater (2016b) *Hus utan sladd!* Tillgänglig via:  
<http://www.alnarpcleanwater.se/hus-utan-sladd/> [2016-05-07]
- Alnarp Cleanwater (2016c) *Synliggör kretsloppen!* Tillgänglig via:  
<http://www.alnarpcleanwater.se/synliggor-kretsloppen/> [2016-05-05].
- Akademiska hus (2016), Albano. Tillgänglig via: <http://www.akademiskahus.se/vara-kunskapsmiljoer/byggprojekt/vara-byggprojekt/region-stockholm/albano/> [2016-05-05].
- Avloppsguiden (2016) *BDT-vatten: Innehåll, risker och resurshållning*. Tillgänglig via  
<http://husagare.avloppsguiden.se/bdt-vatten-inneh%C3%A5ll-risker-och-resurshush%C3%A5llning.html> [2016-05-22]
- Boverkets (2015), *Flera lagar reglerar dagvatten*, tillgänglig via:  
<http://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/detaljplan/temadelar-detaljplan/dagvatten-i-detaljplan/flera-lagar-reglerar-dagvatten/> [2016-04-05].
- Statistiska Centralburån (2005) *Markanvändning/marktäckte 2005 per tätort*. Tillgänglig via: [http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Markanvandning/Gronytor-i-och-omkring-tatorter/#c\\_undefined](http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Markanvandning/Gronytor-i-och-omkring-tatorter/#c_undefined) [2016-05-24]
- Miljö- och energidepartementet (2006) *Lag (2006:412) om allmänna vattentjänster*. Tillgänglig via: [http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006412-om-allmanna-vattentjanster\\_sfs-2006-412](http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006412-om-allmanna-vattentjanster_sfs-2006-412) [2016-05-12]
- Güneralp, Burak; McDonald, Robert I.; Fragkias, Michail; Goodness, Julie; Marcotullio, Peter J.; Set, Karen C. (2013). "Urbanization Forecasts, Effects on Land Use, Biodiversity, and Ecosystem Services". I: Elmqvist, Thomas; Fragkias, Michail; Goodness, Julie; Güneralp, Burak; Marcotullio, Peter J.; McDonald, Robert I.; Parnell, Susan; Schewenius, Maria; Sendstad, Marte; Seto, Karen C.; Wilkinson, Cathy (red.), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*. Springer. Sid. 495-515.
- Havs och Vattenmyndigheten (2016) *Ny vägledning ska minska riskerna för bekämpningsmedel i dricksvatten*. Tillgänglig via:  
<https://www.havochvatten.se/artikel?artikel=162346&referrer=4.55c45bd31543cf853658a47> [2016-05-08]
- Johansson, Mats, Lennartsson, Maria, af Petersens, Ebba, Ridderstolpe, Peter, Wijkmark, Jan (2002) *Småskalig avloppsrening – en exempelsamling*. Johansson, Birgitta (red.).
- Jordbruksverket (2016), *Jordbruket och övergödningen*, tillgängligt via:  
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.44b00b7db11efe58e66b80001608.html> [2016-04-15]
- Lagerqvist, Daniel (2016) *Fem företag som räddar världen med sin affärsidé. Driva eget* (2016-04-13). Tillgänglig via: <http://www.driva-eget.se/nyheter/foretag/fem-foretag-som-raddar-miljon-med-sin-affarside> [2016-05-07]
- Malmö Stad (2014) *Årsavstämning 2014*. Tillgänglig via:  
[http://malmo.se/download/18.76b7688614bb5ccea092f8c3/1425313686187/%C3%A5rsavst%C3%A4mning2014\\_%C3%A4ndrad3.pdf](http://malmo.se/download/18.76b7688614bb5ccea092f8c3/1425313686187/%C3%A5rsavst%C3%A4mning2014_%C3%A4ndrad3.pdf) [2016-05-08]

M KB (2013) Ekostaden Augustenborg, *Framtidens tvättstuga*. Tillgänglig via:  
[http://www.ekoistan.se/wp-content/uploads/2013/04/Tvstuga-broschyr\\_130903.pdf](http://www.ekoistan.se/wp-content/uploads/2013/04/Tvstuga-broschyr_130903.pdf)  
[2016-05-07]

Nationalencyklopedin (2016a) *Kretslopp*. Tillgänglig via:  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/kretslopp> [2016-05-07]

Nationalencyklopedin (2016b) *Makrofyt*. Tillgänglig via:  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/makrofyt> [2016-04-14]

Nationalencyklopedin (2016c) *Reningsverk*. Tillgänglig via:  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/reningsverk> [2016-04-14]

Naturvårdsverket (2006) NFS 2006:7, *Naturvårdsverkets allmänna råd [till 2 och 26 kap. miljöbalken och 12-14 och 19 §§ förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd] om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten*. Tillgänglig via:  
[http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs2006/nfs\\_2006\\_7.pdf](http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs2006/nfs_2006_7.pdf)  
[2016-05-12]

Näringsdepartementet (2010), Plan- och bygglag (2010:900), Svensk författningssamling. Tillgänglig via [http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan-och-bygglag-2010900\\_sfs-2010-900](http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan-och-bygglag-2010900_sfs-2010-900)  
[2016-05-04]

Persson, Jesper (1998). *Utformning av dammar: en litteraturstudie med kommentarer om dagvatten-, polerings- och miljödammar*. Andra upplagan. Göteborg: Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola.

Persson, Pär, Gallardo, Ivan, Kallioniemi, Karin, Foltyn, Anna-Mary (2009) *PlanPM Dagvatten*. Länsstyrelsen i Skåne län. Tillgänglig via:  
[http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskat-alogen/PM\\_dagvattenwebb.pdf](http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskat-alogen/PM_dagvattenwebb.pdf) [2016-05-12]

Robbins, Paul (2011), *Critical Introductions to Geography: Political Ecology: A Critical Introduction*: andra upplagan. Hoboken, GB. Tillgänglig via:  
<http://site.ebrary.com/lib/slub/reader.action?docID=10506254> [2016-05-01]

Scholz, Miklas (2006). *Wetland Systems to Control Urban Runoff*. Första upplagan. Amsterdam: Elsevier. Tillgänglig via: [http://slub-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo\\_library/libweb/action/display.do?sessionId=836C5BF914155FBB239BAF212D463077?tabs=detailsTab&ct=display&fn=search&doc=SLUB\\_ALEPH001643217&indx=6&reclds=SLUB\\_ALEPH001643217&recldxs=5&elementId=5&renderMode=poppedOut&displayMode=full&frbrVersion=&frbg=&dscnt=0&mode=Basic&vid=SLUB\\_V1&search=S%C3%B6k&srt=rank&tab=default\\_tab&prefLang=sv\\_SE&vlfreetext0=urban%20wetlands&dum=true&dstmp=1459493517644&gathStatIcon=true](http://slub-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo_library/libweb/action/display.do?sessionId=836C5BF914155FBB239BAF212D463077?tabs=detailsTab&ct=display&fn=search&doc=SLUB_ALEPH001643217&indx=6&reclds=SLUB_ALEPH001643217&recldxs=5&elementId=5&renderMode=poppedOut&displayMode=full&frbrVersion=&frbg=&dscnt=0&mode=Basic&vid=SLUB_V1&search=S%C3%B6k&srt=rank&tab=default_tab&prefLang=sv_SE&vlfreetext0=urban%20wetlands&dum=true&dstmp=1459493517644&gathStatIcon=true) [2016-04-06]

Smith, Neil (2006) *In the Nature of Cities: Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*. Routledge: Oxon. Tillgänglig via:  
<https://books.google.se/books?id=O96UHd5TuwAC&hl=sv&lr> [2016-04-05]

Stahre, Peter (2008) *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden*. Malmö: VA SYD. Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Avlopp-Dagvatten> [2016-05-20]

Sustainable Business Hub (publicerat?) *Cleantech day 2015*. Tillgänglig via:  
<http://www.sbhub.se/cleantech-day-2016> [2016-05-07]

- Svenskt Vatten (2014). *A Vision for Water*. Tillgänglig via:  
<http://www.svensktvatten.se/forskning/the-swedish-water-platform/a-vision-for-water/> [2016-05-12]
- SVT Skåne (2014-09-28). *Var femte fastighet skadades av regn*. Tillgänglig via  
<http://www.svt.se/nyheter/lokalt/skane/var-femte-fastighet-skadades-av-regn> [2016-05-03]
- VA SYD (2016a) *Malmö avloppstunnel*. Tillgänglig via  
<http://www.vasyd.se/Artiklar/Tunnel/Malmo-avloppstunnel> [2016-04-30]
- VA SYD (2016b) *Plan för förbättringar av Malmö's avloppssystem*. tillgängligt via  
<http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Forbattningar-Mlms-avlopp-m-karta> [2016-04-30]
- VA SYD (2014) *Sjölunda reningsverk*, tillgänglig via  
[file:///C:/Users/Johanna/Downloads/SjolundaReningsverk2014%20webb%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Johanna/Downloads/SjolundaReningsverk2014%20webb%20(1).pdf) [2016-04-30]
- Veg Tech (2016) *Vegetationsteknik: Grönare byggande för framtidens städer*. Informationskatalog. Tillgänglig via: <http://np.netpublicator.com/netpublication/n50161628> [2016-05-23]
- Watson, Donald & Adams, Michele (2011) *Design for Flooding: Architecture, landscape, and urban design for resilience to climate change*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- While, Aidan; Whitehead, Mark (2013). *Cities, Urbanization and Climate Change. Urban Studies*. May 2013 vol. 50 no. 7 sid. 1325-1331. Tillgänglig via:  
<http://usj.sagepub.com/content/50/7/1325.full> [2016-04-05]